

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002 年 2 月 21 日 (21.02.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/14665 A1(51) 国際特許分類⁷: F02D 13/02, F02B
11/00, F02D 41/02, 41/04, 43/00, 45/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP00/05507

(22) 国際出願日: 2000 年 8 月 17 日 (17.08.2000)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社
日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒101-8010
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山岡士朗 (YA-
MAOKA, Shiro) [JP/JP]. 野木利治 (NOGI, Toshiharu)[JP/JP]. 大須賀稔 (OOSUGA, Minoru) [JP/JP]. 白石拓
也 (SHIRAISHI, Takuya) [JP/JP]. 中川慎二 (NAKA-
GAWA, Shinji) [JP/JP]. 木原祐介 (KIHARA, Yuusuke)
[JP/JP]; 〒319-1292 茨城県日立市大みか町七丁目1番
1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).(74) 代理人: 弁理士 春日 謙 (KASUGA, Yuzuru); 〒
103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町1-3 共同ビル
{新小伝馬町}7階 Tokyo (JP).

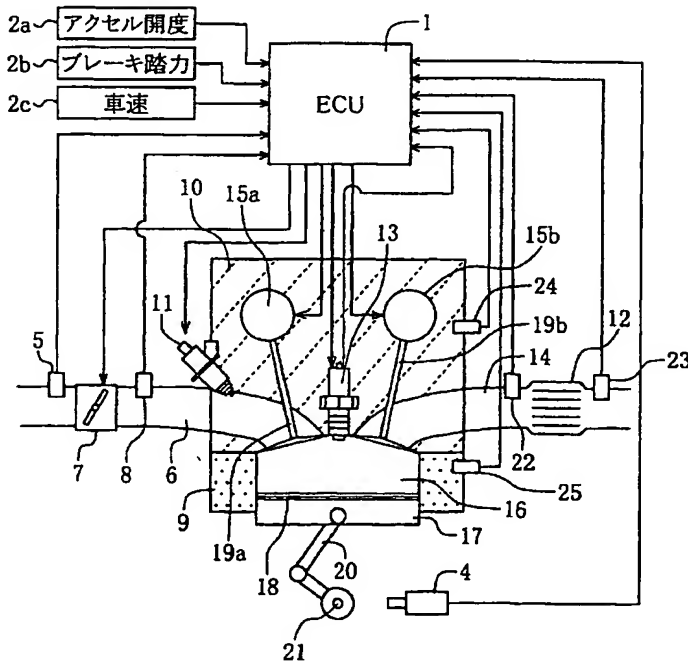
(81) 指定国 (国内): JP, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: COMPRESSION IGNITION INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 圧縮着火式内燃機関

2a...ACCELERATOR OPENING
2b...BRAKE DEPRESSING FORCE

2c...VEHICLE SPEED

(57) Abstract: A compression ignition internal combustion engine capable of making compatible an increase in compression self-ignition operating area with an optimum output torque control in the operating area and also smoothly switching between a self-ignition combustion and a spark ignition combustion, wherein, before operation, the spark ignition combustion using a spark ignition device is switched to a compression ignition combustion self-igniting the mixture by piston compression, variable valve mechanisms (15a, 15b) vary at least one of the valve timings and valve lifts of an intake valve and an exhaust valve, suction air amount regulating means (7; 30; 32; 40, 42) vary the amount of air sucked into a combustion chamber on the upstream side of a combustion chamber inlet of the compression ignition internal combustion engine, and control means (1) controls the variable valve mechanisms (15a, 15b) and suction air amount regulating means (7, 30, 32, 40, 42) during a compression ignition combustion so as to perform a compression ignition combustion.

[続葉有]



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

本発明の目的は、圧縮自己着火運転領域の拡大とこの運転領域内における最適な出力トルク制御を両立し、かつ自己着火燃焼と火花点火燃焼の切り換えもスムーズに行なえる圧縮着火式内燃機関を提供することにある。圧縮着火式内燃機関は、点火装置を用いた火花点火燃焼と、ピストン圧縮によって混合気を自己着火させる圧縮着火燃焼とを切り換えて運転する。可変バルブ機構(15a, 15b)は、吸気弁および排気弁のバルブタイミングおよびバルブリフト量のうち少なくとも1つを変化させる。吸入空気量調整手段(7;30;32;40, 42)は、圧縮着火式内燃機関の燃焼室入口より上流側で燃焼室への吸入空気量を変化させる。制御手段(1)は、圧縮着火燃焼時に、可変バルブ機構(15a, 15b)と、吸入空気量調整手段(7;30;32;40, 42)とを制御して、圧縮着火燃焼を行う。

明 細 書

圧縮着火式内燃機関

圧縮着火式内燃機関

技術分野

本発明は、圧縮着火式内燃機関に係り、特に、圧縮着火燃焼と火花点火燃焼とを切換え可能な圧縮着火式内燃機関に関する。

背景技術

圧縮着火式内燃機関は、特開平 10-56413 号公報に記載されているように、均一予混合気を圧縮して自己着火させる燃焼方式を採用している。圧縮着火式内燃機関は、従来のガソリン機関やディーゼル機関ではなしえない超希薄領域（空燃比 80 以上）の機関運転が可能であり、火炎温度低下および均一混合気による着火燃焼を実現することから、NO_x および煤の大幅な同時低減を可能とする機関である。

一般に、予混合気が圧縮されてある温度に到達すると、燃料である炭化水素の脱水素反応を創始反応とする「低温酸化反応」と呼ばれる反応が開始する。この反応が進行すると、「青炎」と呼ばれる素反応を経由し、自己着火に至る。この着火は混合気中多点で同時に起こるため、燃焼室内全体でみた燃焼期間は、従来のガソリン機関における火花点火による燃焼、もしくはディーゼル機関における噴霧燃焼の燃焼期間よりもはるかに短いものである。そのため、火炎温度とその継続時間に依存する NO_x 生成を抑制する結果となり、圧縮着火式内燃機関において低 NO_x を実現する要因となっている。

しかしながら、従来の圧縮着火式内燃機関においては、出力トルク範囲が非常に狭く限定され、圧縮着火による機関運転は低負荷低回転のごく限られた領域でしか実現しない、という問題点があった。その理由は、炭化水素を燃料とする予混合気が自己着火に至る温度は 900 K 以上とされており、圧縮比が 10～13 程度に設定されている現行のガソリン機関では、自己着火できる運転領域はほとんどないことがわかっている。また、ディーゼル機関並みに圧縮比を高く設定

(16～22程度)しても、予混合気自己着火による機関運転領域は存在するものの、従来機関では混合気の自己着火時期を制御することが困難であることと、燃焼期間が短いこと、予混合気の圧縮自己着火は空燃比の影響を強く受けること、等の理由により、出力トルク範囲が非常に狭く限定され、圧縮着火による機関運転は低負荷低回転のごく限られた領域でしか実現しないという問題点があった。

それに対して、例えば、特開平11-280507号公報に記載されているように、吸排気弁のバルブタイミングを可変にする機構を操作することによって前サイクルまでの高温既燃ガス(内部EGR)を逆流させ、高負荷域は火花点火燃焼による機関運転を行い、低負荷域は内部EGRによって燃焼室内を高温に保ち、この内部EGR量と実圧縮比の制御によって、自己着火燃焼による運転領域を実現するという機関が知られている。

発明の開示

しかしながら、特開平11-280507号公報に記載されている内燃機関では、次のような問題があった。即ち、従来の内燃機関では、内部EGRを導入するために吸排気弁の開時間をオーバーラップさせているため、内部EGR量は吸排気弁オーバーラップ期間に律速される。また、同時に着火時期を制御するために吸気弁を制御している。すなわち、機関運転条件によって吸気弁および排気弁に要求される開閉時期が異なる場合に、両者を独立に制御できないため、自己着火による運転領域が狭くなるという問題があった。

また、従来の自己着火燃焼と火花点火燃焼を両立するエンジンシステムにおいては、自己着火燃焼から火花点火燃焼もしくは火花点火燃焼から自己着火燃焼に燃焼状態を切り換える際に、吸排気弁のバルブタイミングおよびバルブリフト量と吸入空気量を独立に制御できないため、トルク段差を生じ、車両の安定走行が困難になるという問題がある。

本発明の目的は、圧縮自己着火運転領域の拡大とこの運転領域内における最適な出力トルク制御を両立し、かつ自己着火燃焼と火花点火燃焼の切り換えもスムーズに行なえる圧縮着火式内燃機関を提供することにある。

上記目的を達成するために、本発明は、点火装置を用いた火花点火燃焼と、ピ

ストン圧縮によって混合気を自己着火させる圧縮着火燃焼とを切り換えて運転するとともに、吸気弁および排気弁のバルブタイミングおよびバルブリフト量のうち少なくとも1つを変化させる可変バルブ機構を有する圧縮着火式内燃機関において、圧縮着火式内燃機関の燃焼室入口より上流側で燃焼室への吸入空気量を変化させる吸入空気量調整手段と、圧縮着火燃焼時に、上記可変バルブ機構と、上記吸入空気量調整手段とを制御して、圧縮着火燃焼を行う制御手段を備えるようにしたものである。

かかる構成により、圧縮自己着火運転領域の拡大とこの運転領域内における最適な出力トルク制御を両立し、かつ自己着火燃焼と火花点火燃焼の切り換えもスムーズに行なえる

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成図である。

図2は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モードの決定方法を示すフローチャートである。

図3は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第1の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。

図4は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モード時の吸排気弁のリフト量の説明図である。

図5は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モード時の吸排気弁のリフト量の他の例の説明図である。

図6は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第3の制御方法の実現するための構成を示すシステム構成図である。

図7は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第3の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。

図8は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における着火時期検出の原理説明図である。

図9は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火

燃焼モードの第4の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。

図10は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第5の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。

図11は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第6の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。

図12は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第7の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。

図13は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第8の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。

図14は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第9の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。

図15は、本発明の第2の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モードの制御内容を示すフローチャートである。

図16は、本発明の第2の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モードの可変バルブの制御量の説明図である。

図17は、本発明の第2の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モード時の機関の状態の説明図である。

図18は、本発明の第2の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、高速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モードの制御内容を示すフローチャートである。

図19は、本発明の第2の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、高速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モードの可変バルブの制御量の説明図である。

図20は、本発明の第2の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、高速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モード時の機関の状態の説明図である。

図21は、本発明の第2の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・高負荷状態における圧縮着火燃焼モードの制御内容を示すフローチャートである。

図22は、本発明の第2の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速

- ・ 高負荷状態における圧縮着火燃焼モードの可変バルブの制御量の説明図である。
- 図 2 3 は、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速
- ・ 高負荷状態における圧縮着火燃焼モード時の機関の状態の説明図である。

図 2 4 は、本発明の第 3 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードと火花点火燃焼モードの切換制御の内容を示すフローチャートである。

図 2 5 は、本発明の第 3 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードと火花点火燃焼モードの切換制御の説明図である。

図 2 6 は、本発明の第 3 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードと火花点火燃焼モードの切換制御の説明図である。

図 2 7 は、本発明の第 3 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードと火花点火燃焼モード時の空燃比の説明図である。

図 2 8 は、本発明の第 4 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成図である。

図 2 9 は、本発明の第 5 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成図である。

図 3 0 は、本発明の第 6 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成図である。

図 3 1 は、本発明の第 7 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼方法決定のための運転領域マップである。

図 3 2 は、熱発生曲線の説明図である。

図 3 3 は、本発明の第 7 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火禁止時の動作を示すフローチャートである。

図 3 4 は、本発明の第 8 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼方法決定のための運転領域マップである。

図 3 5 は、本発明の第 8 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火禁止時の動作を示すフローチャートである。

図 3 6 は、本発明の第 9 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火禁止時の動作を示すフローチャートである。

図 37 は、本発明の第 10 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成図である。

図 38 は、本発明の第 10 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モードの決定方法を示すフローチャートである。

図 39 は、本発明の第 10 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モード切換制御方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図 1 ～図 14 を用いて、本発明の第 1 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成及び動作について説明する。

最初に、図 1 を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成について説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成図である。

本実施形態による圧縮着火式内燃機関は、点火装置を用いた火花点火燃焼と、ピストン圧縮によって混合気を自己着火させる圧縮着火燃焼とを切り換えて運転することができるものである。

燃焼室 16 は、シリンダブロック 9、ピストン 17 およびシリンダヘッド 10 によって囲まれた空間に形成される。ピストン 17 の往復動は、コンロッド 20 を介してクランク軸 21 に伝達され、回転運動に変換される。燃焼室 16 には、吸気ポート 6 および排気ポート 14 が連通されている。吸気ポート 6 と燃焼室 16 の間の通路は、吸気弁 19 a によって開閉される。また、排気ポート 14 と燃焼室 16 との間の通路は、排気弁 19 b によって開閉される。吸気弁 19 a 及び排気弁 19 b のバルブリフト量やバルブの開閉タイミングは、それぞれ、可変バルブ機構 15 a、15 b によって制御される。

燃焼室 16 内には、点火プラグ 13 が配置されている。火花点火燃焼時には、エンジンコントロールユニット 1（以下、「ECU」と称する）からの指示によって、点火プラグ 13 からの火花放電する。圧縮着火燃焼時には、点火プラグ 13 は、燃焼状態を検出するイオン電流検出装置として機能させることも可能であ

る。ECU 1 は、点火プラグ 1 3 の検出信号によって、燃焼室 1 6 内の燃焼状態および着火時期などを監視する。

ECU 1 には、圧縮着火式内燃機関を搭載した車両を運転するドライバの意図を検出するドライバ意図検出手段として、アクセル開度検出装置 2 a およびブレーキ踏力検出装置 2 b の出力値が、逐次取り込まれている。また、ECU 1 には、車両走行状態を検出する車両走行状態検出手段として、車速検出装置 2 c の出力値が、逐次取り込まれている。さらに、ECU 1 には、機関運転条件を検出する機関運転状態検出手段として、エアフローセンサ 5、吸気管圧センサ 8、機関冷却水温センサ 2 4、空燃比センサ 2 2、触媒 1 2 の後ろに設置されている触媒後排温センサ 2 3 やクランク角センサ 4 からの出力値が、逐次取り込まれている。ここで、エアフローセンサ 5 は、吸気温度を測定する機能を有するものであることが望ましく、エアフローセンサ 5 によって検出された吸気温度の値も同時に ECU 1 に取り込まれる。

ECU 1 は、アクセル開度検出装置 2 a の出力値により、機関負荷を演算する。すなわち、アクセル開度検出装置 2 a は、機関負荷検出手段として機能するものである。

吸気ポート 6 内には、燃料噴射弁 1 1 が設置されている。なお、この例では、燃料噴射弁 1 1 は、吸気ポート 6 内配置するものとしたが、燃焼室 1 6 内に直接燃料噴射できるような筒内噴射形式の燃料噴射弁を用いてもよいものである。

また、吸気ポート 6 内には、吸入空気量調整装置 7 が設けられている。吸入空気量調整装置 7 としては、スロットルを用いている。吸入空気量調整装置 7 としては、電子制御式スロットルであることが望ましいが、アクセルペダルとワイヤ連結された機械方式のスロットルを用いてもよいものである。

ECU 1 は、アクセル開度検出装置 2 a によって検出されたアクセル開度信号及びクランク角センサ 4 によって検出された機関回転数の信号に基づいて、機関の出力トルクを決定し、燃料噴射弁 1 1 からの燃料噴射量および吸入空気量調整装置 7 によって調整される吸入空気量を決定する。ECU 1 は、決定した吸入空気量に基づいて、吸気弁 1 9 a および排気弁 1 9 b の可変バルブ機構 1 5 a、1 5 b を制御し、また、吸入空気量調整装置 7 を制御する。なお、燃焼室 1 6 内に

における混合気の圧縮着火時期は、燃焼室 16 の温度履歴および圧力履歴、また混合気の空燃比に依存することがわかっている。

本実施形態における特徴的な構成は、圧縮着火式内燃機関において、吸気弁 19 a および排気弁 19 b の可変バルブ機構 15 a, 15 b 及び吸入空気量調整装置 7 を備え、機関の運転状態に応じて、ECU 1 が可変バルブ機構 15 a, 15 b 及び吸入空気量調整装置 7 を制御するようにしたものである。従来の圧縮着火式内燃機関においては、吸気弁および排気弁の可変バルブ機構のみを制御するようにしていたため、圧縮自己着火運転領域が狭いものであったが、本実施形態では、さらに、吸入空気量を制御することにより、圧縮自己着火運転領域を拡大し得るものである。

次に、図 2 を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モードの決定方法について説明する。

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モードの決定方法を示すフローチャートである。

ステップ s 100 において、ECU 1 は、運転モード（燃焼モード）の選択を開始する。

最初に、ステップ s 110 において、ECU 1 は、ドライバ意図検出手段であるアクセル開度検出装置 2 a およびブレーキ踏力検出装置 2 b の出力値を取り込み、圧縮着火式内燃機関を搭載した車両を運転するドライバの意図を検出する。

次に、ステップ s 120 において、ECU 1 は、車両走行状態検出手段である車速検出装置 2 c の出力値である車速及びクランク角センサ 4 によって検出された機関回転数の信号を取り込み、機関の負荷を演算する。

次に、ステップ s 130 において、ECU 1 は、機関冷却水温センサ 24 の出力値である冷却水温を読み込む。また、ステップ s 140 において、ECU 1 は、触媒後排温センサ 23 の出力値である排気温度を読み込む。さらに、ステップ s 150 において、ECU 1 は、エアフローセンサ 5 が備えている吸気温度測定機能による吸気温度を読み込む。

次に、ステップ s 160 において、ECU 1 は、ステップ s 110 ~ s 150 において読みこまれた各センサや検出手段の出力値に基づいて、圧縮着火燃焼モ

ードと、火花点火燃焼モードのいずれとするかの燃焼方法の決定をする。ECU 1には、燃焼方法の決定するために、あらかじめ圧縮着火燃焼による運転を行なう条件と火花点火燃焼による運転を行なう条件が、アクセル開度、空燃比、機関回転数、吸気温度、機関冷却水温、触媒後排温センサのそれぞれのマップとして書き込まれている。ECU 1は、予め書き込まれたマップとセンサ等の出力に応じて、燃焼方法を決定する。

ステップs 160において、圧縮着火燃焼モードが選択されると、ステップs 200において、圧縮着火燃焼モードの制御に移行する。圧縮着火燃焼モードの制御の詳細については、図3以降を用いて後述する。また、ステップs 160において、火花点火燃焼モードが選択されると、ステップs 300において、火花点火燃焼モードの制御に移行する。

内燃機関の出力トルクは、燃料噴射量と吸入空気量によって決定される。従って、ドライバ意図、車両走行状態、機関運転条件および各センサ出力値に応じて定まる機関の出力トルクに対し、燃料噴射量が予めECU 1に書き込まれている場合には、吸入空気量を制御する。また、吸入空気量が予めECU 1に書き込まれている場合には、燃料噴射量を制御する。

以下、図3～図8においては、機関の要求出力トルクに対して、燃料噴射量が予めECU 1に書き込まれており、吸入空気量を制御する場合における圧縮着火燃焼モードの第1～第3の制御方法について説明し、図9～図10においては、機関の要求出力トルクに対して、吸入空気量が予めECU 1に書き込まれており、燃料噴射量を制御する場合における圧縮着火燃焼モードの第4及び第5の制御方法について説明する。また、図11～図12は、機関の要求出力トルクに対して、可変バルブ機構15a、15bの制御量が予めECU 1に書き込まれており、可変バルブ機構15a、15bを制御する場合における圧縮着火燃焼モードの第6及び第7の制御方法について説明する。さらに、図13～図14は、機関要求出力トルクに対して、スロットル開度の制御量が予めECU 1に書き込まれており、スロットル開度を制御する場合における圧縮着火燃焼モードの第8及び第9の制御方法について説明する。

次に、図3を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火

燃焼モードの第1の制御方法について説明する。

図3は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第1の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。

ステップs200において、ECU1は、圧縮着火燃焼モードにおける可変バルブ機構・スロットル制御量決定ルーチンを開始する。

最初に、ステップs210において、ECU1は、ドライバ意図として、アクセル開度検出装置2aおよびブレーキ踏力検出装置2bの出力値を読み込む。

次に、ステップs220において、ECU1は、車両走行状態として、車速検出装置2cの出力値を取り込み、また、機関運転条件として、アクセル開度検出装置2a、空燃比センサ22、クランク角センサ4、エアフローセンサ5およびエアフローセンサ5に搭載された吸気温度センサ、機関冷却水温センサ24、触媒後排温センサ23の各出力値を取り込む。

次に、ステップs230において、ECU1は、ステップs210～s220において取り込まれた各出力値に基づいて、出力トルクを決定するとともに、予めECU1内に記憶されている燃料噴射量マップ及び目標空燃比マップを検索して、燃料噴射量および目標空燃比を選択する。

次に、ステップs240において、ECU1は、ステップs230において選択された燃料噴射量および目標空燃比の目標値より、目標となる空気量を決定する。

次に、ステップs250において、ECU1は、エアフローセンサ5の出力値、エアフローセンサ5内の吸気温度センサの出力値、およびクランク角センサ4の出力値に応じて、スロットル7および吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bの操作量を決定する。燃焼室16内における混合気の圧縮着火時期は、燃焼室16の温度履歴および圧力履歴、また混合気空燃比に依存することがわかっているので、これらの各センサ出力値によって、吸気弁および排気弁の可変バルブ機構15a、15b及び吸入空気量調整装置7の操作量を決定することができる。即ち、決定された吸入空気量、内部EGR量および空燃比によって、最適な着火時期を実現する吸気弁19aの閉じタイミングを決定する。

次に、ステップs260において、ECU1は、ステップs250において決

定された操作量に基づいて、スロットル 7 および吸排気弁の可変バルブ機構 15 a, 15 b を操作する。

ここで、図 4 を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モード時の吸排気弁の第 1 の制御方法について説明する。

図 4 は、本発明の第 1 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モード時の吸排気弁のリフト量の説明図である。

図において、横軸はクランク角度を示しており、縦軸は、吸気弁及び排気弁のバルブリフト量を示している。

火花点火燃焼時、排気弁のリフト量は、図中実線 $E x 1$ で示すようになっており、そのバルブリフト量の最大値は、 $L 1$ とする。また、吸気弁のリフト量は、図中一点鎖線 $Int 1$ で示すようになっており、そのバルブリフト量の最大値は、 $L 1$ である。

一方、圧縮着火燃焼時、排気弁 19 b のバルブリフト量は、図中点線 $E x 2$ で示すようになっており、そのバルブリフト量の最大値は、可変バルブ機構 15 b によって、火花点火燃焼時に比べて小さい値 $L 2$ に制御される。なお、吸気弁 19 a のリフト量は、火花点火燃焼時の同様に、図中一点鎖線 $Int 1$ で示すようになっており、そのバルブリフト量の最大値は、 $L 1$ である。

即ち、本実施形態においては、排気ポート 14 と燃焼室 16 の通路面積、すなわち排気開口面積を狭くすることによって排気を所定量だけ閉じ込め、自己着火に必要な熱量を、排気の持つエンタルピにより、確保するようにしている。ここで、内部 EGR が持つ総熱エネルギーは、内部 EGR 量そのものと、理論空燃比（例えばガソリンの場合は空燃比 14.7 付近）による燃焼時をピークとする排ガス温度の双方によって定義されるため、圧縮着火に必要な熱量確保のために、エアフローセンサ 5 の出力値と、空燃比センサ 22 の出力値を元に、バルブリフト量 L を調整するようにする。

なお、排気弁 19 b が燃焼室 16 内に 2 弁以上設置されている場合は、2 つの弁のリフト量をそれぞれ独立に制御して、より精密な内部 EGR 量制御が可能になる。またこのとき、排気ポート 14 と燃焼室 16 の連結部における排気流速の差を利用して、燃焼室 16 内に流動を発生させ、新気と内部 EGR ガスの混合状

態を制御することで、燃焼室内 16 の温度勾配を設けて着火時期を制御することもできる。

ここで、図 5 を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モード時の吸排気弁の第 2 の制御方法について説明する。

図 5 は、本発明の第 1 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モード時の吸排気弁のリフト量の他の例の説明図である。

排気を閉じ込める別の方法としては、図 4 において説明したように、排気弁のバルブリフト量を小さくする方法以外に、排気弁 19 b の開時間を短くするように可変バルブ機構 15 b を制御することもできる。

図において、横軸はクランク角度を示しており、縦軸は、吸気弁及び排気弁のバルブリフト量を示している。

圧縮着火燃焼時、排気弁 19 b のバルブリフト量は、図中点線 $E \times 3$ で示すようになっており、そのバルブリフト量の最大値は、火花点火燃焼時と同じく、リフト量 $L1$ としている。しかし、可変バルブ機構 15 b によって、排気弁 19 b の開時間を $T3$ としている。排気弁 19 b の開時間 $T3$ は、図 4 に示した火花点火燃焼時の排気弁の開時間 $T1$ に比べて小さい値となるように制御する。なお、吸気弁 19 a のリフト量は、火花点火燃焼時の同様に、図中一点鎖線 $Int1$ で示すようになっており、そのバルブリフト量の最大値は、 $L1$ である。

即ち、本実施形態においては、排気ポート 14 と燃焼室 16 の通路面積、すなわち排気開口面積を狭くすることによって排気を所定量だけ閉じ込め、自己着火に必要な熱量を、排気の持つエンタルピにより、確保するようにしている。ここで、内部 EGR が持つ総熱エネルギーは、内部 EGR 量そのものと、理論空燃比（例えばガソリンの場合は空燃比 14.7 付近）による燃焼時をピークとする排ガス温度の双方によって定義されるため、圧縮着火に必要な熱量確保のために、エアフローセンサ 5 の出力値と、空燃比センサ 22 の出力値を元に、排気弁の開時間 $T3$ を調整するようにする。

ここで、排気弁 19 b の開時間は、吸気弁 19 a の開時間とオーバーラップしないように可変バルブ機構 15 b を制御することが望ましいものである。吸気弁 19 a および排気弁 19 b の両方が開いた状態では、吸気ポート 6 も排気が逆流

し、内部EGR量制御が困難になるためである。

なお、排気弁19bが燃焼室16内に2弁以上設置されている場合は、2つの弁の開時間をそれぞれ独立に制御して、より精密な内部EGR量制御が可能になる。またこのとき、排気ポート14と燃焼室16の連結部における排気流速の差を利用して、燃焼室16内に流動を発生させ、新気と内部EGRガスの混合状態を制御することで、燃焼室内16の温度勾配を設けて着火時期を制御することもできる。

次に、図3に戻り、ステップs270において、ECU1は、エアフローセンサ5の出力値と目標空燃比によって決定される空気量とを比較し、その値が同じになるように、スロットル7および可変バルブ機構15a、15bをフィードバック制御する。このとき、吸気弁19aの閉じタイミングは、ステップs250において決定しており、以降の吸入空気量制御は、吸気弁19aのバルブリフト量もしくはスロットル7を用いて行なわれる。

なお、ステップs240の目標空気量を実現するスロットル7の開度、吸気弁19aおよび排気弁19bのバルブタイミングおよびバルブリフト量の組み合わせは、複数通りある。そこで、この場合は、最も燃費のよい組み合わせとなるように、スロットル7の開度をなるべく大きくする組み合わせに制御することが望ましいものである。なぜならスロットル7の開度が小さい場合、吸気ポート6内の負圧発生に伴いエンジンが負の仕事をする、いわゆるポンピング損失が発生し、燃費を悪化させるためである。

以上説明したように、本実施形態によれば、可変バルブ機構15a、15bによって内部EGR量の確保と着火時期の適正化を図り、さらに、スロットル7によって吸入空気量を補正することができるため、要求トルクに対して最適な機関運転を行なうことができる。したがって、圧縮着火燃焼運転領域を拡大することができる。

次に、図6～図8を用いて、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第3の制御方法について説明する。

最初に、図6を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成について説明する。

図 6 は、本発明の第 1 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第 3 の制御方法の実現するための構成を示すシステム構成図である。なお、図 6 において、図 1 と同一符号は、同一部分を示している。

本実施形態では、図 1 に示した構成に加えて、燃焼室 16 に圧力センサ 27 を設置している。圧力センサ 27 は、初期圧力および着火時期検出のために用いられる。圧力センサ 27 の出力値は、ECU 1 に取り込まれる。

次に、図 7 を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第 3 の制御方法について説明する。

図 7 は、本発明の第 1 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第 3 の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。なお、図 3 と同一符号のステップは、同一制御内容を示している。

ステップ s 200 A において、ECU 1 は、第 3 の制御内容の圧縮着火燃焼モードにおける可変バルブ機構・スロットル制御量決定ルーチンを開始する。

ステップ s 210 ~ s 260 の制御内容は、図 3 において説明したものと同様である。本実施形態では、図 3 のステップ s 270 に示したように、エアフローセンサ 5 の出力値と目標空燃比によって決定される空気量とを比較し、その値が同じになるように、スロットル 7 および可変バルブ機構 15 a, 15 b をフィードバック制御するものに対して、ステップ s 265 とステップ s 270 A を備えている。

ステップ s 265 において、ECU 1 は、圧力センサ 27 の出力値により、着火時期検出する。

ここで、図 8 を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における着火時期検出方法について説明する。

図 8 は、本発明の第 1 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における着火時期検出の原理説明図である。

図 8 において、横軸はクランク角を示し、図 8 (A) の縦軸は熱発生率を示し、図 8 (B) の縦軸は筒内圧力を示している。

図 8 (B) に実線で示す筒内圧力波形は、圧力センサ 27 の出力値として、ECU 1 に取り込まれる。圧力センサ 27 の出力値は、クランク角を基準として取

り込まれる。ECU1は、圧力センサ27の出力値によって着火時期を予測することができる。また、ECU1は、圧力センサ27の出力値を微分することによって得られる熱発生率波形（図8（A））により、圧縮着火時期を正確に検出することができる。即ち、図8（A）は、図8（B）に示す波形を微分したものであり、時刻 t_1 において熱発生率が立ち上がるタイミングが、圧縮着火時期である。

次に、図7のステップs270Aにおいて、ECU1は、目標となる着火時期と実際の着火時期を比較して、実際の着火時期が目標着火時期と同じになるように、スロットル7、および吸排気弁の可変バルブ機構15aおよび15bをさらに操作する。ここで、目標着火時期は、予め運転条件に応じた値としてECU1に設定されている。そして、目標となる着火時期は、吸気弁19aの閉タイミングに等しいものである。

なお、以上の説明では、圧力センサにより着火時期を検出しているが、例えば、点火プラグ13の放電部両端を電極としてイオン電流を検出し、その出力値より着火時期を検出するようにしてもよいものである。

以上説明したように、本実施形態によっても、可変バルブ機構15a、15bによって内部EGR量の確保と着火時期の適正化を図り、さらに、スロットル7によって吸入空気量を補正することができるため、要求トルクに対して最適な機関運転を行なうことができる。したがって、圧縮着火燃焼運転領域を拡大することができる。

次に、図9を用いて、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第4の制御方法について説明する。

図9は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第4の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。なお、図3、図7と同一符号のステップは、同一制御内容を示している。

本実施形態においては、機関の要求出力トルクに対して、吸入空気量が予めECU1に書き込まれており、燃料噴射量を制御するようにしている。なお、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成は、図1に示したものと同様である。

ステップs200Bにおいて、ECU1は、第4の制御内容の圧縮着火燃焼モ

ードにおける可変バルブ機構・スロットル制御量決定ルーチンを開始する。

ステップs 210～s 220の制御内容は、図3において説明したものと同様である。また、ステップs 250～s 260の制御内容も、図3において説明したものと同様である。

ステップs 230Bにおいて、ECU1は、予めECU1に書き込まれている目標空気量マップを用いて、ステップs 210, s 220で求められた機関の要求出力トルクに対応する目標空気量を検索により決定する。

次に、ステップs 242において、ECU1は、エアフローセンサ5の出力値を取り込み、吸入空気量を検出する。

ステップs 250, s 260では、ECU1は、図3と同様に、エアフローセンサ5内の吸気温度センサの出力値および機関回転数に応じ、スロットル7, および吸排気弁の可変バルブ機構15a, 15bの操作量を決定し、さらに、これら进行操作する。

次に、ステップs 263において、ECU1は、ステップs 242で取り込まれたエアフローセンサ5の出力値と、予めECU1に設定されている目標空燃比に応じて、燃料噴射量を決定し、燃料噴射弁11によって燃料を噴射する。

次に、ステップs 270Bにおいて、ECU1は、燃焼室16内の混合気が圧縮着火により燃焼し、既燃ガスを燃焼室16の外に排気する際、排気ポート14内に排気された燃焼ガスの空燃比を空燃比センサ22で読み取り、その出力値から新たな燃料噴射量、スロットル7および吸排気弁の可変バルブ機構15a, 15bの操作量をフィードバックすることにより、機関運転を制御する。なお、この際も、排気弁19bのバルブリフト量を小さくして排気開口面積を絞ることで、着火に必要な熱量を内部EGR量制御により確保することができる。

以上説明したように、本実施形態によっても、可変バルブ機構15a, 15bによって内部EGR量の確保と着火時期の適正化を図り、さらに、スロットル7によって吸入空気量を補正することができるため、要求トルクに対して最適な機関運転を行なうことができる。したがって、圧縮着火燃焼運転領域を拡大することができる。

次に、図10を用いて、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関に

における圧縮着火燃焼モードの第5の制御方法について説明する。

図10は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第5の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。なお、図3、図7、図9と同一符号のステップは、同一制御内容を示している。

本実施形態においては、機関の要求出力トルクに対して、吸入空気量が予めECU1に書き込まれており、燃料噴射量を制御するようにしている。なお、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成は、図6に示したものと同様である。

本実施形態では、図9に示した第4の制御方法に対して、ステップs265C、s270Cの制御を加えたものである。ステップs265C、s270Cの制御内容は、図7のステップs265、s270Aに相当する制御内容である。

ステップs200Cにおいて、ECU1は、第5の制御内容の圧縮着火燃焼モードにおける可変バルブ機構・スロットル制御量決定ルーチンを開始する。

ステップs210～s270Bの制御内容は、図7において説明したものと同様である。

ステップs265Cにおいて、ECU1は、圧力センサ27の出力値により、着火時期検出する。着火時期の検出方法は、図8において説明したものと同様である。

ステップs270Cにおいて、ECU1は、目標となる着火時期と実際の着火時期を比較して、実際の着火時期が目標着火時期と同じになるように、スロットル7、および吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bを制御する。なお、目標着火時期は予め運転条件に応じた値としてECU1に設定されている。運転中の着火時期の検出は、点火プラグ13の放電部両端を電極としてイオン電流を検出し、その出力値より着火時期を検出することもできる。

以上説明したように、本実施形態によっても、可変バルブ機構15a、15bによって内部EGR量の確保と着火時期の適正化を図り、さらに、スロットル7によって吸入空気量を補正することができるため、要求トルクに対して最適な機関運転を行なうことができる。したがって、圧縮着火燃焼運転領域を拡大することができる。

次に、図11を用いて、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関に

における圧縮着火燃焼モードの第6の制御方法について説明する。

図11は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第6の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。なお、図3、図7、図9、図10と同一符号のステップは、同一制御内容を示している。

本実施形態においては、機関の要求出力トルクに対して、可変バルブ機構15a、15bの制御量が予めECU1に書き込まれており、可変バルブ機構15a、15bを制御するようにしている。なお、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成は、図6に示したものと同様である。

ステップs200Dにおいて、ECU1は、第6の制御内容の圧縮着火燃焼モードにおける可変バルブ機構・スロットル制御量決定ルーチンを開始する。

ステップs210～s220の制御内容は、図10において説明したものと同様である。

ステップs230Dにおいて、ECU1は、予めECU1に書き込まれている目標可変バルブ制御量マップを用いて、ステップs210、s220で求められた機関の要求出力トルクに対応する目標可変バルブ制御量を検索により決定する。

次に、ステップs261において、ECU1は、ステップs230Dの決定に基づき、吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bを制御する。即ち、図10のステップs250、s260では、スロットル7及び吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bの操作量を決定し、さらに、これらを操作するようにしていたのに対して、本実施形態では、両者を独立して制御するようにしている。

次に、ステップs263において、ECU1は、機関の要求出力トルクに基づいて、燃料噴射量を決定し、燃料噴射弁11によって燃料を噴射する。

次に、ステップs270Dにおいて、ECU1は、燃焼室16内の混合気が圧縮着火により燃焼し、既燃ガスを燃焼室16の外に排気する際、排気ポート14内に排気された燃焼ガスの空燃比を空燃比センサ22で読み取り、その出力値から新たな燃料噴射量、スロットル7の操作量をフィードバックすることにより、機関運転を制御する。

ステップs265Cにおいて、ECU1は、圧力センサ27の出力値により、着火時期検出する。着火時期の検出方法は、図8において説明したものと同様で

ある。

ステップs 270Cにおいて、ECU1は、目標となる着火時期と実際の着火時期を比較して、実際の着火時期が目標着火時期と同じになるように、スロットル7、および燃料噴射量を制御する。なお、目標着火時期は予め運転条件に応じた値としてECU1に設定されている。運転中の着火時期の検出は、点火プラグ13の放電部両端を電極としてイオン電流を検出し、その出力値より着火時期を検出することもできる。

以上説明したように、本実施形態によっても、可変バルブ機構15a、15bによって内部EGR量の確保と着火時期の適正化を図り、さらに、スロットル7によって吸入空気量を補正することができるため、要求トルクに対して最適な機関運転を行なうことができる。したがって、圧縮着火燃焼運転領域を拡大することができる。

次に、図12を用いて、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第7の制御方法について説明する。

図12は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第7の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。なお、図11と同一符号のステップは、同一制御内容を示している。

本実施形態においては、機関の要求出力トルクに対して、可変バルブ機構15a、15bの制御量が予めECU1に書き込まれており、可変バルブ機構15a、15bを制御するようにしている。なお、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成は、図6に示したものと同様である。

本実施形態では、図11のステップs 270D、s 270Cに変えて、ステップs 270E1、s 270E2の制御内容としたものである。

ステップs 200Eにおいて、ECU1は、第7の制御内容の圧縮着火燃焼モードにおける可変バルブ機構・スロットル制御量決定ルーチンを開始する。

ステップs 210～s 267の制御内容は、図11において説明したものと同様である。

次に、ステップs 270E1において、ECU1は、燃焼室16内の混合気が圧縮着火により燃焼し、既燃ガスを燃焼室16の外に排気する際、排気ポート1

4内に排気された燃焼ガスの空燃比を空燃比センサ22で読み取り、その出力値から新たな燃料噴射量、可変バルブ機構15a、15b及びスロットル7の操作量をフィードバックすることにより、機関運転を制御する。このとき、ステップs261の前までフィードバックするようにしている。従って、図11による制御内容に加えて、可変バルブ機構15a、15bの操作量もフィードバックするようにしている。

ステップs265Cにおいて、ECU1は、圧力センサ27の出力値により、着火時期検出する。着火時期の検出方法は、図8において説明したものと同様である。

ステップs270E2において、ECU1は、目標となる着火時期と実際の着火時期を比較して、実際の着火時期が目標着火時期と同じになるように、スロットル7、可変バルブ機構15a、15bの操作量および燃料噴射量を制御する。このとき、ステップs261の前までフィードバックするようにしている。従って、図11による制御内容に加えて、可変バルブ機構15a、15bの操作量もフィードバックするようにしている。

以上説明したように、本実施形態によっても、可変バルブ機構15a、15bによって内部EGR量の確保と着火時期の適正化を図り、さらに、スロットル7によって吸入空気量を補正することができるため、要求トルクに対して最適な機関運転を行なうことができる。したがって、圧縮着火燃焼運転領域を拡大することができる。

なお、図11もしくは図12に記載した第6若しくは第7の制御方法によれば、複雑な可変バルブ機構15a、15bの制御量演算を予めROMに書き込んでおくことができ、目標空燃比に対してスロットル7によって吸入空気量を補正することができるため、低排気低燃費の機関運転性能を確保しながら、要求トルクに対して最適な機関運転を行なうことができ、かつECU1の演算負荷を少なくすることができる。

次に、図13を用いて、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第8の制御方法について説明する。

図13は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着

火燃焼モードの第 8 の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。なお、図 3 ～図 1 2 と同一符号のステップは、同一制御内容を示している。

本実施形態においては、機関の要求出力トルクに対して、スロットル開度の制御量が予め ECU 1 に書き込まれており、スロットル開度を制御するようにしている。なお、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成は、図 1 に示したものと同様である。

ステップ s 2 0 0 F において、ECU 1 は、第 8 の制御内容の圧縮着火燃焼モードにおける可変バルブ機構・スロットル制御量決定ルーチンを開始する。

ステップ s 2 1 0 ～ s 2 2 0 の制御内容は、図 3 において説明したものと同様である。

ステップ s 2 3 0 F において、ECU 1 は、予め ECU 1 に書き込まれている目標スロットル開度制御量マップを用いて、ステップ s 2 1 0, s 2 2 0 で求められた機関の要求出力トルクに対応する目標スロットル開度の制御量を検索により決定する。

次に、ステップ s 2 6 2 において、ECU 1 は、ステップ s 2 3 0 F で決定されたスロットル開度の制御量に基づいて、スロットル 7 の開度を制御する。

次に、ステップ s 2 6 3 において、ECU 1 は、機関の要求出力トルクに対応する燃料噴射量を決定し、燃料噴射弁 1 1 によって燃料を噴射する。

次に、ステップ s 2 6 7 において、ECU 1 は、エアフローセンサ 5 の出力値、エアフローセンサ 5 内の吸気温度センサの出力値および機関回転数に応じて、可変バルブ機構 1 5 a, 1 5 b の操作量を決定する。

次に、ステップ s 2 7 0 F において、ECU 1 は、燃焼室 1 6 内の混合気が圧縮着火により燃焼し、既燃ガスを燃焼室 1 6 の外に排気する際、排気ポート 1 4 内に排気された燃焼ガスの空燃比を空燃比センサ 2 2 で読み取り、その出力値から新たな燃料噴射量、および吸排気弁の可変バルブ機構 1 5 a, 1 5 b の操作量をフィードバックすることにより、機関運転を制御する。なお、この際も、排気弁 1 9 b のバルブリフト量を小さくして排気開口面積を絞ることで、着火に必要な熱量を内部 EGR 量制御により確保することができる。

以上説明したように、本実施形態によっても、可変バルブ機構 1 5 a, 1 5 b

によって内部EGR量の確保と着火時期の適正化を図り、さらに、スロットル7によって吸入空気量を補正することができるため、要求トルクに対して最適な機関運転を行なうことができる。したがって、圧縮着火燃焼運転領域を拡大することができる。

次に、図14を用いて、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第9の制御方法について説明する。

図14は、本発明の第1の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードの第9の制御方法の制御内容を示すフローチャートである。なお、図3～図13と同一符号のステップは、同一制御内容を示している。

本実施形態においては、機関の要求出力トルクに対して、スロットル開度の制御量が予めECU1に書き込まれており、スロットル開度を制御するようにしている。なお、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成は、図6に示したものと同様である。

本実施形態では、図13に示した第8の制御方法に対して、ステップs265G、s270Gの制御を加えたものである。ステップs265G、s270Gの制御内容は、図7のステップs265、s270Aに相当する制御内容である。

ステップs200Gにおいて、ECU1は、第9の制御内容の圧縮着火燃焼モードにおける可変バルブ機構・スロットル制御量決定ルーチンを開始する。

ステップs210～s270Fの制御内容は、図13において説明したものと同様である。

ステップs265Gにおいて、ECU1は、圧力センサ27の出力値により、着火時期検出する。着火時期の検出方法は、図8において説明したものと同様である。

ステップs270Gにおいて、ECU1は、目標となる着火時期と実際の着火時期を比較して、実際の着火時期が目標着火時期と同じになるように、燃料噴射量、および吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bを制御する。なお、目標着火時期は予め運転条件に応じた値としてECU1に設定されている。運転中の着火時期の検出は、点火プラグ13の放電部両端を電極としてイオン電流を検出し、その出力値より着火時期を検出することもできる。

以上説明したように、本実施形態によっても、可変バルブ機構 15 a, 15 b によって内部 EGR 量の確保と着火時期の適正化を図り、さらに、スロットル 7 によって吸入空気量を補正することができるため、要求トルクに対して最適な機関運転を行なうことができる。したがって、圧縮着火燃焼運転領域を拡大することができる。

以上説明したように、本発明の第 1 の実施形態の各制御方法によると、スロットル 7、吸気弁 19 a および排気弁 19 b の可変バルブ機構 15 a, 15 b の制御によって、着火時期の設定、内部 EGR 量（燃焼室 16 内温度）および吸入空気量の各パラメータを独立に制御することができるため、トルク段差を生じることなく、低排気、低燃費の最適な機関運転を継続することができる。

次に、図 15～図 23 を用いて、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成及び動作について説明する。

本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成は、図 6 に示したものと同様である。本実施形態では、圧縮着火燃焼モードにおいて、機関の運転条件に応じて、スロットルや可変バルブ機構の制御を変えるようにしている。

最初に、図 15～図 17 を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モードの制御方法について説明する。

図 15 は、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モードの制御内容を示すフローチャートである。また、図 16 は、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モードの可変バルブの制御量の説明図であり、図 17 は、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モード時の機関の状態の説明図である。なお、図 17 中の符号において、図 6 と同一符号は、同一部分を示している。

ステップ s 200 H において、ECU 1 は、低速・低負荷状態の圧縮着火燃焼モードにおける可変バルブ機構・スロットル制御量決定ルーチンを開始する。

最初に、ステップ s 210 において、ECU 1 は、ドライバ意図として、アクセル開度検出装置 2 a およびブレーキ踏力検出装置 2 b の出力値を読み込む。

次に、ステップs 220において、ECU1は、車両走行状態として、車速検出装置2cの出力値を取り込み、また、機関運転条件として、アクセル開度検出装置2a、空燃比センサ22、クランク角センサ4、エアフローセンサ5およびエアフローセンサ5に搭載された吸気温度センサ、機関冷却水温センサ24、触媒後排温センサ23の各出力値を取り込む。機関運転状態条件が、低速・低負荷の場合には、ステップs 230に進み、高速・低負荷の場合には、図18のステップs 222Iに進み、低速・高負荷の場合には、図21のステップs 222Jに進む。

低速・低負荷の場合には、ステップs 230において、ECU1は、ステップs 210～s 220において取り込まれた各出力値に基づいて、出力トルクを決定するとともに、予めECU1内に記憶されている燃料噴射量マップ及び目標空燃比マップを検索して、燃料噴射量および目標空燃比を選択する。

次に、ステップs 240において、ECU1は、ステップs 230において選択された燃料噴射量および目標空燃比の目標値より、目標となる空気量を決定する。

次に、ステップs 250において、ECU1は、エアフローセンサ5の出力値、エアフローセンサ5内の吸気温度センサの出力値、およびクランク角センサ4の出力値に応じて、スロットル7および吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bの操作量を決定する。燃焼室16内における混合気の圧縮着火時期は、燃焼室16の温度履歴および圧力履歴、また混合気の実燃比に依存することがわかっているので、これらの各センサ出力値によって、吸気弁および排気弁の可変バルブ機構15a、15b及び吸入空気量調整装置7の操作量を決定することができる。即ち、決定された吸入空気量、内部EGR量および実燃比によって、最適な着火時期を実現する吸気弁19aの閉じタイミングを決定する。

次に、ステップs 260において、ECU1は、ステップs 250において決定された操作量に基づいて、スロットル7および吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bを操作する。

ここで、図16及び図17を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モード時の吸排気弁の制御方法について説明する。

図 1 7 に示すようにスロットル 7 の開度は、比較的小さく設定されている。これは、圧縮着火式内燃機関が低負荷低速領域であるので、充填効率を小さくする必要があるのである。

また、図 1 6 において、横軸はクランク角度を示しており、縦軸は、吸気弁及び排気弁のバルブリフト量を示している。

火花点火燃焼時、排気弁のリフト量は、図中実線 $E \times 1$ で示すようになっており、そのバルブリフト量の最大値は、 $L 1$ とする。また、吸気弁のリフト量は、図中一点鎖線 $Int 1$ で示すようになっており、そのバルブリフト量の最大値は、 $L 1$ である。

一方、低速・低負荷の運転条件における圧縮着火燃焼時、吸気弁 1 9 a のバルブリフト量は、図中二点鎖線 $Int 2$ で示すようになっており、吸気弁 1 9 a の閉じタイミング（時刻 $t 2$ ）を比較的小し、吸気弁 1 9 a のリフト量は $L 3$ として、比較的小さくしている。排気弁 1 9 b のバルブリフト量は、図中点線 $E \times 2$ で示すようになっており、そのバルブリフト量の最大値は、可変バルブ機構 1 5 b によって、火花点火燃焼時に比べて小さい値 $L 2$ に制御する。圧縮着火燃焼時の排気弁 1 9 b のバルブリフト量を、火花点火燃焼時よりも小さくすることで、排気絞りの効果を持たせて内部 E G R 制御を行っており、低速低負荷の場合は、さらに排気弁 1 9 b のバルブリフト量を小さくすることで、吸入空気の充填効率を下げ、多くの内部 E G R を確保している。このバルブリフトを小さく制御することは、例えばカム式の変バルブ機構を用いている場合は、カム駆動力現象に伴うフリクションロスが低減できるため、燃費の大幅な低減が可能になり、かつ圧縮着火燃焼領域が高負荷側に拡大できる。

次に、ステップ s 2 7 0 において、E C U 1 は、エアフローセンサ 5 の出力値と目標空燃比によって決定される空気量とを比較し、その値が同じになるように、スロットル 7 および可変バルブ機構 1 5 a, 1 5 b をフィードバック制御する。このとき、吸気弁 1 9 a の閉じタイミングは、ステップ s 2 5 0 において決定しており、以降の吸入空気量制御は、吸気弁 1 9 a のバルブリフト量もしくはスロットル 7 を用いて行なわれる。

次に、ステップ s 2 8 0 において、E C U 1 は、低負荷低速領域において、ス

ロットル 7 の開度が比較的大きくても、可変バルブ機構 15 a および 15 b と燃料噴射量を制御することで要求トルクを満たす運転条件が存在するか否かを判定し、そのような運転条件が存在する場合には、機関の燃焼室 16 内は内部 EGR 率一定のまま、スロットル 7 の開度が最も大きい、すなわち最も燃費の良い組み合わせを選択する。

次に、図 18～図 20 を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関において、高速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モードの制御方法について説明する。

図 18 は、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、高速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モードの制御内容を示すフローチャートである。また、図 19 は、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、高速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モードの可変バルブの制御量の説明図であり、図 20 は、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、高速・低負荷状態における圧縮着火燃焼モード時の機関の状態の説明図である。なお、図 19 中の符号において、図 16 と同一符号は、同一部分を示す。図 20 中の符号において、図 6 と同一符号は、同一部分を示している。

図 15 のステップ s 220 において、機関運転条件の中で、機関回転数が増加して、高速・低負荷となると、図 18 のステップ s 222 I に進む。

機関回転数が増加すると、1 サイクル経過時間が短縮することによって混合気の高温滞留時間が短期化するため、圧縮着火させるためには圧縮比を大きくして燃焼室 16 内の最高到達温度を高くするか、圧縮はじめの燃焼室 16 内温度を高く設定する必要がある。同時に吸入空気の持つ運動エネルギーが大きくなるため、吸気ポート 6 内の脈動流が変化し、充填効率が最大となる吸気弁 19 a のバルブ閉タイミングが遅角側に遷移する。

そこで、ステップ s 261 I において、ECU 1 は、機関回転数増大に伴い、排気開口面積を大きくするよう、可変バルブ機構 15 b を用いて排気弁 19 b のリフト量を操作する。

即ち、図 19 に示すように、高速・低負荷の運転条件における圧縮着火燃焼時、排気弁 19 b のバルブリフト量は、図中破線 Ex 3 で示すようになっており、排気弁 19 b のリフト量は L 4 としており、低速・低負荷の運転条件における排気弁

19bのリフト量L2よりも大きくしている。

次に、ステップs267Iにおいて、ECU1は、機関運転条件によって予め定められた燃料噴射量に対し、混合気の空燃比を理論空燃比に近づけるように、スロットル7の開度を大きくして、吸入空気量を制御する。混合気の空燃比を理論空燃比に近づけることによって、燃焼ガス温度を高くし、吸入空気量の増大により内部EGR率が減少するため、それに伴って圧縮着火燃焼に必要な圧縮はじめの燃焼室内16温度が低下するのを防止するためである。

次に、ステップs262Iにおいて、ECU1は、着火時期を適正化するように吸気側の可変バルブ機構15aを制御する。高速・低負荷の運転条件における圧縮着火燃焼時、吸気弁19aのバルブリフト量は、図中二点鎖線Int3で示すようになっており、吸気弁19aの閉じタイミング（時刻t3）は、低速・低負荷時の閉じタイミング（時刻t2）よりも遅くするとともに、吸気弁19aのリフト量はL1として、低速・低負荷時のリフト量L3よりも大きくしている。

次に、ステップs263Iにおいて、ECU1は、ステップs267Iによって制御される吸入空気量と、予めECU1に設定されている目標空燃比に応じて、燃料噴射量を決定し、燃料噴射弁11によって燃料を噴射する。

次に、ステップs270Iにおいて、ECU1は、燃焼ガスの空燃比を空燃比センサ22で読み取り、その出力値から新たな燃料噴射量、スロットル7および吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bの操作量をフィードバックすることにより、機関運転を制御する。

次に、ステップs265Iにおいて、ECU1は、圧力センサ27の出力値により、着火時期検出する。そして、ステップs270I2において、ECU1は、目標となる着火時期と実際の着火時期を比較して、実際の着火時期が目標着火時期と同じになるように、スロットル7、および吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bを制御する。なお、目標着火時期は予め運転条件に応じた値としてECU1に設定されている。

またこのとき、機関に振動等を起こさないよう、スロットル7、可変バルブ機構15a、15bの操作中に吸入空気量の不連続変化を起こさないように、エアフローセンサ5の出力値を一定に保つように制御する必要がある。なぜなら、可

変バルブ機構 15 a, 15 b の時間応答性によって、吸入空気量または空燃比が大きく変化してしまい、運転者が違和感を覚えたり、失火による排気悪化が起こるためである。すなわち機関回転数変化に対し正常な機関運転を保つためには、上記のようなスロットル 7 と可変バルブ機構 15 a, 15 b の協調制御を行なう必要がある。

次に、図 2 1 ~ 図 2 3 を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・高負荷状態における圧縮着火燃焼モードの制御方法について説明する。

図 2 1 は、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・高負荷状態における圧縮着火燃焼モードの制御内容を示すフローチャートである。また、図 2 2 は、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・高負荷状態における圧縮着火燃焼モードの可変バルブの制御量の説明図であり、図 2 3 は、本発明の第 2 の実施形態による圧縮着火式内燃機関において、低速・高負荷状態における圧縮着火燃焼モード時の機関の状態の説明図である。なお、図 2 2 中の符号において、図 1 6 と同一符号は、同一部分を示す。図 2 3 中の符号において、図 6 と同一符号は、同一部分を示している。

図 1 5 のステップ s 2 2 0 において、機関運転条件の中で、機関負荷が増加して、高速・低負荷となると、図 1 8 のステップ s 2 2 2 I に進む。負荷が増加すると、要求トルクが増大するので、機関への充填効率を大きくする必要がある。

そこで、ステップ s 2 6 1 J において、ECU 1 は、負荷の増大に伴い、排気開口面積を大きくするよう、可変バルブ機構 15 b を用いて排気弁 19 b のリフト量を操作する。

即ち、図 2 2 に示すように、低速・高負荷の運転条件における圧縮着火燃焼時、排気弁 19 b のバルブリフト量は、図中破線 Ex 4 で示すようになっており、排気弁 19 b のリフト量は L 4 としており、低速・低負荷の運転条件における排気弁 19 b のリフト量 L 2 よりも大きくしている。

次に、ステップ s 2 6 7 J において、ECU 1 は、機関運転条件によって予め定められた燃料噴射量に対し、混合気の空燃比を理論空燃比に近づけるように、スロットル 7 の開度を大きくして、吸入空気量を制御する。混合気の空燃比を理論空燃比に近づけることによって、燃焼ガス温度を高くし、吸入空気量の増大に

より内部EGR率が減少するため、それに伴って圧縮着火燃焼に必要な圧縮はじめの燃焼室内16温度が低下するのを防止するためである。

次に、ステップs262Jにおいて、ECU1は、着火時期を適正化するように吸気側の可変バルブ機構15aを制御する。低速・高負荷の運転条件における圧縮着火燃焼時、吸気弁19aのバルブリフト量は、図中二点鎖線Int4で示すようになっており、吸気弁19aの閉じタイミング（時刻t4）は、低速・低負荷時の閉じタイミング（時刻t2）よりも遅くするとともに、吸気弁19aのリフト量はL1として、低速・低負荷時のリフト量L3よりも大きくしている。

次に、ステップs263Jにおいて、ECU1は、ステップs267Jによって制御される吸入空気量と、予めECU1に設定されている目標空燃比に応じて、燃料噴射量を決定し、燃料噴射弁11によって燃料を噴射する。

次に、ステップs270Jにおいて、ECU1は、燃焼ガスの空燃比を空燃比センサ22で読み取り、その出力値から新たな燃料噴射量、スロットル7および吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bの操作量をフィードバックすることにより、機関運転を制御する。

次に、ステップs265Jにおいて、ECU1は、圧力センサ27の出力値により、着火時期検出する。そして、ステップs270J2において、ECU1は、目標となる着火時期と実際の着火時期を比較して、実際の着火時期が目標着火時期と同じになるように、スロットル7、および吸排気弁の可変バルブ機構15a、15bを制御する。なお、目標着火時期は予め運転条件に応じた値としてECU1に設定されている。

またこのとき、機関に振動等を起こさないよう、スロットル7、可変バルブ機構15a、15bの操作中に吸入空気量の不連続変化を起こさないように、エアフローセンサ5の出力値を一定に保つように制御する必要がある。なぜなら、可変バルブ機構15a、15bの時間応答性によって、吸入空気量または空燃比が大きく変化してしまい、運転者が違和感を覚えたり、失火による排気悪化が起るためである。すなわち機関回転数変化に対し正常な機関運転を保つためには、上記のようなスロットル7と可変バルブ機構15a、15bの協調制御を行なう必要がある。

以上説明したように、本実施形態によれば、可変バルブ機構 15 a, 15 b によって内部 EGR 量の確保と着火時期の適正化を図り、さらに、スロットル 7 によって吸入空気量を補正することができるため、機関の負荷や機関の回転数に応じて最適な機関運転を行なうことができる。したがって、圧縮着火燃焼運転領域を拡大することができる。

次に、図 24～図 27 を用いて、本発明の第 3 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成及び動作について説明する。

本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成は、図 6 に示したものと同様である。本実施形態では、圧縮着火燃焼モードと火花点火燃焼モードを機関回転数や機関負荷に応じて切り換えるようにしている。

図 24 は、本発明の第 3 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードと火花点火燃焼モードの切換制御の内容を示すフローチャートである。また、図 25 及び図 26 は、本発明の第 3 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードと火花点火燃焼モードの切換制御の説明図である。

ステップ s 200 K において、ECU 1 は、運転モード切換制御を開始する。

最初に、ステップ s 210 において、ECU 1 は、ドライバ意図として、アクセル開度検出装置 2 a およびブレーキ踏力検出装置 2 b の出力値を読み込む。

次に、ステップ s 220 において、ECU 1 は、車両走行状態として、車速検出装置 2 c の出力値を取り込み、また、機関運転条件として、アクセル開度検出装置 2 a, 空燃比センサ 2 2, クランク角センサ 4, エアフローセンサ 5 およびエアフローセンサ 5 に搭載された吸気温度センサ, 機関冷却水温センサ 2 4, 触媒後排温センサ 2 3 の各出力値を取り込む。機関運転状態条件が、

次に、ステップ s 225 K において、ECU 1 は、燃焼状態の切換が必要が否かを判断する。必要な場合には、ステップ s 261 K に進む。

ここで、図 25 を用いて、機関条件と運転モードの関係について説明する。

図 25 において、横軸は機関回転数を示しており、縦軸は機関負荷を示している。圧縮着火燃焼領域と火花点火燃焼領域は、機関回転数と機関負荷によって予め定められており、ECU 1 に記憶されている。図示する例では、例えば、アイ

トル回転領域に相当する低負荷・低速の条件下では、火花点火燃焼領域とし、また、高負荷域も火花点火燃焼領域としている。それ以外の低負荷域が圧縮着火運転領域としている。

例えば、機関回転数 R_a で、機関負荷 L_a の機関運転条件Aでは、圧縮着火燃焼が選択され、機関回転数 R_b で、機関負荷 L_b の機関運転条件Bでは、圧縮着火燃焼が選択される。例えば、機関運転条件Aは平地の走行状態であり、機関運転条件Bは登り坂の走行状態である。従って、平地走行状態から登り坂道走行状態になると、圧縮着火燃焼モードから火花点火燃焼モードへの運転モードの切換が必要となる。

燃焼状態の切換が必要が場合には、ステップs 261Kにおいて、ECU1は、排気弁リフト量操作による内部EGR量を制御する。圧縮着火燃焼時と火花点火燃焼時とは、燃焼室16内の内部EGR率が大きく異なっている。例えば、条件Aと条件B間で、圧縮着火燃焼から火花点火燃焼に切り換える場合、内部EGR量を大きく減少させる必要がある。

図26は、圧縮着火燃焼領域の条件A点から火花点火燃焼領域内の条件B点間を機関運転条件が変化する場合の(A)吸入空気量、(B)排気開口面積および(C)内部EGR率の変化を示している。図26(C)に示すように、条件Aと条件B間で、圧縮着火燃焼から火花点火燃焼に切り換える場合、その切換点Oにおいて、内部EGR量を大きく減少させる。内部EGR量を減少させるには、図26(B)に示すように、排気開口面積を大きくする。排気開口面積を大きくするためには、排気バルブ19bのリフト量またはリフト量とバルブ開時間を大きくすることで、内部EGRの閉じ込め量を減らすようにする。

次に、ステップs 264Kにおいて、ECU1は、スロットル7及び可変バルブ機構15a, 15bを操作して、吸入空気量を制御する。ここで、吸入される空気量が増加するとトルク変動を発生するため、図26(A)に示すように、燃焼切り換え中もエアフローセンサ5の出力値が不連続変化を起こさないように、スロットル7の開度もしくは可変バルブ機構15aおよび15bを制御する。

次に、ステップs 242Kにおいて、ECU1は、エアフローセンサ5の出力値により、吸入空気量を読み込む。そして、ステップs 270Kにおいて、EC

U 1 は、読み込まれた空気量が目標空気量となるように、フィードバック制御する。

ここで、図 2 7 を用いて、本発明の第 3 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードと火花点火燃焼モード時の空燃比について説明する。

図 2 7 は、本発明の第 3 の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火燃焼モードと火花点火燃焼モード時の空燃比の説明図である。

図 2 7 において、横軸は機関回転数を示しており、縦軸は機関負荷を示している。圧縮着火燃焼領域と火花点火燃焼領域は、機関回転数と機関負荷によって予め定められており、ECU 1 に記憶されている。図示する例では、例えば、アイドル回転領域に相当する低負荷・低速の条件下では、火花点火燃焼領域とし、また、高負荷域も火花点火燃焼領域としている。それ以外の低負荷域が圧縮着火運転領域としている。

本実施形態の圧縮着火式内燃機関では、燃焼方式として、火花点火燃焼を選択した場合、混合気の空燃比は理論空燃比もしくはそれよりも過濃な状態で運転する。また、圧縮着火燃焼が選択されている場合は、前述までの制御により極低NOx極低HCである燃焼を実現できる。しかし、火花点火燃焼時の機関排出後の排気レベルは従来機関の火花点火燃焼による運転中の排気レベルとほとんど差がなく、触媒制御による排気浄化が必要になる。そこで、本実施形態の圧縮着火式内燃機関では、機関運転が火花点火燃焼時には触媒浄化性能の最もよい理論空燃比、もしくはそれよりも燃料過濃な空燃比による機関運転を行なうことにより、火花点火燃焼領域における機関排気低減を実現する。本発明により、排気低減のために従来機関に搭載されていたような複雑な触媒構成が必要なくなり、低コストな機関を提供することができる。

以上のようにして、本実施形態によれば、運転モードの切換時には、可変バルブ機構 1 5 a, 1 5 b によって内部 EGR 量を制御するとともに、さらに、スロットル 7 によって吸入空気量を補正して、吸入される空気量が切換点 O で大きく変化しないように制御することにより、運転モード切換時のトルク変動を低減して、スムーズな運転切換をすることができる。

次に、図 2 8 を用いて、本発明の第 4 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の

構成について説明する。

図 28 は、本発明の第 4 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成図である。なお、図 1 と同一符号は、同一部分を示している。

本実施形態では、吸入空気量調整装置として、図 1 にも示したスロットル 7 に加えて、バイパス流量制御装置 30 を備えている。バイパス流量制御装置 30 は、スロットル 7 の上流と下流を接続するバイパス流路 30 a と、このバイパス流路 30 a の中に設けられたバルブ 30 b とから構成される。バルブ 30 b は、ECU 1 によって開度を制御され、バイパス流路 30 a 中を流れる微小な吸入空気流量を制御する。

図 15～図 17 において説明したように、機関運転条件が比較的低負荷低回転時などでは、機関に要求される空気量は比較的少ない場合、スロットル 7 は閉じるとともに、微小空気流量をバイパス流量制御装置 30 によって制御することにより、精密に微小吸入空気量を制御することが可能となる。

本実施形態によれば、低負荷・低速条件のような場合でも、微小吸入空気量を精密に制御して、圧縮着火燃焼を精密に制御することが可能となる。

次に、図 29 を用いて、本発明の第 5 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成について説明する。

図 29 は、本発明の第 5 の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成図である。なお、図 1 と同一符号は、同一部分を示している。

本実施形態では、吸入空気量調整装置として、図 1 にも示したスロットル 7 に加えて、過給空気流量制御装置 32 を備えている。過給空気流量制御装置 32 は、スロットル 7 の上流に設けられた過給機 32 a と、この過給機 32 a の上流と下流を接続するバイパス流路 32 b と、このバイパス流路 32 b の中に設けられたバルブ 32 c とから構成される。過給機 32 a は、ECU 1 によって過給圧を制御される。バルブ 32 c は、ECU 1 によって開度を制御され、バイパス流路 32 b 中を流れる吸入空気流量を制御する。

機関運転条件が高負荷高回転の場合、燃焼室 16 内の混合気温度を制御するために内部 EGR を利用すると、要求される吸入空気量が通常のスロットル 7 の制御だけでは不足する場合がある。そこで、過給空気流量制御装置 32 を、スロッ

トル7の上流側に設けて、ドライバ意図、車両走行状態および機関運転条件に応じてECU1が制御することにより、吸入空気量を制御することができる。

圧縮初期の燃焼室内圧力と圧縮着火時期の関係は、燃焼室内圧力が高いと着火時期を早めることができ、また、燃焼室内圧力が低いと着火時期が遅くなる。そこで、ECU1によって、過給空気量制御装置32を制御することにより、機関の圧縮着火時期を制御することができる。

本実施形態によれば、高負荷・高速条件のような場合でも、要求される空気量を供給可能となるとともに、圧縮着火時期の制御も可能となる。

次に、図30を用いて、本発明の第6の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成について説明する。

図30は、本発明の第6の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成図である。なお、図1と同一符号は、同一部分を示している。

本実施形態では、吸入空気量調整装置として、通路40及び弁42を備えている。通路40は、排気通路14と吸気通路6を接続して設けられた外部EGR用のバイパスであり、排気通路14中の排気ガスを吸気通路6に環流する。弁42は、ECU1によって制御され、環流される排気ガスの流量を調整する。即ち、外部EGR用のバイパスとして通路40を設けることで、内部EGRとの併用で着火および燃焼を制御するようにしている。ECU1は、運転条件、車両走行条件およびドライバ意図に応じて、弁42の開度を変化させることで、外部EGR量を制御する。外部EGRは、内部EGRのような高い熱量は保持しておらず、かつ燃焼を長期化させる不活性化学種、例えばCO₂の濃度が高くなることから、着火時期を遅延化、もしくは燃焼期間を長期化させたい場合には、外部EGR流量を増加させるように制御することができる。

本実施形態によれば、外部EGR量を制御して、着火および燃焼の制御も可能となる。

次に、図31～図33を用いて、本発明の第7の実施形態による圧縮着火式内燃機関について説明する。なお、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成は、図1に示したものと同様である。また、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モードの決定方法は、図2に示したフローチャ

ートと同様である。

本実施形態では、図2のステップs160における圧縮着火燃焼モードと、火花点火燃焼モードとの燃焼方法の決定方法の一具体例について説明する。本実施形態では、アクセル開度と車両加速度に基づいて、圧縮着火燃焼モードと、火花点火燃焼モードとを選択するようにしている。

図31は、本発明の第7の実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼方法決定のための運転領域マップを示し、図32は、熱発生曲線の説明図であり、図33は、本発明の第7の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火禁止時の動作を示すフローチャートである。

図2のステップs160において、ECU1は、ステップs110～s150において読みこまれた各センサや検出手段の出力値に基づいて、圧縮着火燃焼モードと、火花点火燃焼モードのいずれとするかの燃焼方法の決定をするわけであるが、このとき、図31に示す運転領域マップを参照して、燃焼方法を決定する。

図31に示すように、アクセル開度が所定値以上若しくは車両の加速度（の絶対値）が所定値以上の運転領域Z1は、火花点火燃焼ゾーンとしている。また、アクセル開度が所定値以下で、かつ車両の加速度（の絶対値）が所定値以下の運転領域Z2は、圧縮着火燃焼ゾーンとしている。なお、アクセル開度が所定値以下で、かつ、車両加速度（の絶対値）が所定値以上の運転領域Z3は、圧縮着火禁止ゾーンとしており、この点については、図33を用いて後述する。

図32は、熱発生率曲線について、横軸をクランク角として示している。圧縮着火燃焼は、多点同時の自己着火燃焼であることが知られており、圧縮着火燃焼は着火制御が困難であると同時に、図32に示すように、火花点火燃焼に比べて熱発生期間が短くなる。また、混合気の空燃比を理論空燃比に近づけても、熱発生ピークは大きくなるが、燃焼期間はほとんど変わらないという圧縮着火燃焼独自の性質を有するため、急激な圧力上昇に伴う打音が発生するなど、安定した機関運転が困難になる。

そこで、図31に示すように、運転領域Z1については、定常走行時に比べて大きなトルクが必要になることと、機関運転条件が大きく変化するため安定した圧縮着火燃焼運転を行なうことが困難となること、などの理由から、火花点火に

よる燃焼を選択して、急激な熱発生を避け、穏やかな機関運転を行なうようにする。そして、運転領域 Z 2 については、圧縮着火燃焼を選択する。

次に、図 3 3 を用いて、アクセル開度が所定値以下で、かつ、車両加速度（の絶対値）が所定値以上の運転領域 Z 3 の制御について説明する。

最初に、ステップ s 4 1 0 において、ECU 1 は、ドライバ意図として、アクセル開度検出装置 2 a の出力値を読み込む。

次に、ステップ s 4 2 0 において、ECU 1 は、車両走行状態として、車速検出装置 2 c の出力値を取り込み、また、機関運転条件として、アクセル開度検出装置 2 a、空燃比センサ 2 2、クランク角センサ 4、エアフローセンサ 5 およびエアフローセンサ 5 に搭載された吸気温度センサ、機関冷却水温センサ 2 4、触媒後排温センサ 2 3 の各出力値を取り込む。

次に、ステップ s 4 3 0 において、ECU 1 は、ステップ s 4 1 0 で取り込まれたアクセル開度が所定値以下で、かつ、車両加速度（の絶対値）が所定値以上であるか否かを判断し、所定値以下であるときは、ステップ s 4 4 0 に進む。

アクセル開度が所定値以下のときは、ステップ s 4 4 0 において、ECU 1 は、圧縮着火燃焼中か否かを判断し、圧縮着火燃焼時にはステップ s 4 7 0 に進み、そうでない場合にはステップ s 4 5 0 に進む。

圧縮着火燃焼中でない場合には、ステップ s 4 5 0 において、ECU 1 は、火花点火燃焼中であるか否かを判断し、火花点火燃焼時にはステップ s 4 6 0 に進む。

次に、ステップ s 4 6 0 において、ECU 1 は、点火信号を遮断して、火花点火を禁止する。

また、ステップ s 4 7 0 において、ECU 1 は、燃料噴射を停止する。

このように、アクセル開度が所定値以下で、かつ、車両加速度（の絶対値）が所定値以上である場合には、機関の要求トルクはゼロもしくはマイナスであるため、圧縮着火燃焼を禁止する指令を ECU 1 より送り、点火信号を遮断もしくは燃料噴射をストップする。これにより余分な燃料消費を抑えることができ、HC 排出低減と燃費低減することができる。

また、車速がある所定値以上にキープされており、車両のドライバが再びアク

セルを踏んだと判断された場合には再度燃料噴射を開始し、ドライバ意図、車両走行状態、機関運転条件および各センサ値に基づいて、圧縮着火もしくは火花点火運転モードをECU1より指令する。すなわち、本実施形態によって、機関への余分な燃料消費を抑えることができ、かつスムーズな車両走行を行なうことが可能となる。

本実施形態によれば、機関の要求トルクはゼロもしくはマイナスである場合、燃料噴射を停止して、HC排出低減と燃費低減することができる。

次に、図34及び図35を用いて、本発明の第8の実施形態による圧縮着火式内燃機関について説明する。なお、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成は、図1に示したものと同様である。また、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モードの決定方法は、図2に示したフローチャートと同様である。

本実施形態では、図2のステップs160における圧縮着火燃焼モードと、火花点火燃焼モードとの燃焼方法の決定方法の他の具体例について説明する。本実施形態では、アクセル開度と車両速度に基づいて、圧縮着火燃焼モードと、火花点火燃焼モードとを選択するようにしている。

図34は、本発明の第8の実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼方法決定のための運転領域マップを示し、図35は、本発明の第8の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火禁止時の動作を示すフローチャートである。

図2のステップs160において、ECU1は、ステップs110～s150において読みこまれた各センサや検出手段の出力値に基づいて、圧縮着火燃焼モードと、火花点火燃焼モードのいずれとするかの燃焼方法の決定をするわけであるが、このとき、図34に示す運転領域マップを参照して、燃焼方法を決定する。

図34に示すように、アクセル開度が所定値以上若しくは車両の速度が所定値以上の運転領域Z4は、火花点火燃焼ゾーンとしている。また、アクセル開度が所定値以下で、かつ車両の速度が所定値以下の運転領域Z5は、圧縮着火燃焼ゾーンとしている。なお、アクセル開度が所定値以下で、かつ、車速が所定値より大きい運転領域Z6は、圧縮着火禁止ゾーンとしており、この点については、図

35を用いて後述する。

図34に示すように、運転領域Z4については、定常走行時に比べて大きなトルクが必要になることと、機関運転条件が大きく変化するため安定した圧縮着火燃焼運転を行なうことが困難となること、などの理由から、火花点火による燃焼を選択して、急激な熱発生を避け、穏やかな機関運転を行なうようにする。そして、運転領域Z5については、圧縮着火燃焼を選択する。

次に、図35を用いて、アクセル開度が所定量以下の運転領域Z3の制御について説明する。

最初に、ステップs410において、ECU1は、ドライバ意図として、アクセル開度検出装置2aの出力値を読み込む。

次に、ステップs420において、ECU1は、車両走行状態として、車速検出装置2cの出力値を取り込み、また、機関運転条件として、アクセル開度検出装置2a、空燃比センサ22、クランク角センサ4、エアフローセンサ5およびエアフローセンサ5に搭載された吸気温度センサ、機関冷却水温センサ24、触媒後排温センサ23の各出力値を取り込む。

次に、ステップs430Aにおいて、ECU1は、ステップs410で取り込まれたアクセル開度が所定値以下で、かつ、車速が所定値より大きいかな否かを判断し、この条件を満たす場合には、ステップs440に進む。

アクセル開度が所定値以下、かつ、車速が所定値より大きいときは、ステップs440において、ECU1は、圧縮着火燃焼中かな否かを判断し、圧縮着火燃焼時にはステップs470に進み、そうでない場合にはステップs450に進む。

圧縮着火燃焼中でない場合には、ステップs450において、ECU1は、火花点火燃焼中であるかな否かを判断し、火花点火燃焼時にはステップs460に進む。

次に、ステップs460において、ECU1は、点火信号を遮断して、火花点火を禁止する。

また、ステップs470において、ECU1は、燃料噴射を停止する。

このように、アクセル開度が所定量以下で、かつ、車速が所定値より大きい場合には、車両が急な下り坂を走行するような条件であり、機関の要求トルクはゼ

口もしくはマイナスであるため、圧縮着火燃焼を禁止する指令をECU1より送り、点火信号を遮断もしくは燃料噴射をストップする。これにより余分な燃料消費を抑えることができ、HC排出低減と燃費低減することができる。

本実施形態によれば、機関の要求トルクはゼロもしくはマイナスである場合、燃料噴射を停止して、HC排出低減と燃費低減することができる。

次に、図36を用いて、本発明の第9の実施形態による圧縮着火式内燃機関について説明する。なお、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成は、図1に示したものと同様である。また、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モードの決定方法は、図2に示したフローチャートと同様である。

本実施形態では、圧縮着火式内燃機関を搭載した車両のドライバが走行中にブレーキを踏んだときの制御内容のその他の具体例について説明する。

図36は、本発明の第9の実施形態による圧縮着火式内燃機関における圧縮着火禁止時の動作を示すフローチャートである。

最初に、ステップs410において、ECU1は、ドライバ意図として、ブレーキ踏力検出装置2bの出力値を読み込む。

次に、ステップs420において、ECU1は、車両走行状態として、車速検出装置2cの出力値を取り込み、また、機関運転条件として、アクセル開度検出装置2a、空燃比センサ22、クランク角センサ4、エアフローセンサ5およびエアフローセンサ5に搭載された吸気温度センサ、機関冷却水温センサ24、触媒後排温センサ23の各出力値を取り込む。

次に、ステップs430Bにおいて、ECU1は、ステップs410で取り込まれたブレーキ踏力が所定値以上で、かつ、車両速度が所定値以上であるか否かを判断し、その条件を満たす場合には、ステップs440に進む。

ブレーキ踏力が所定値以上、かつ、車両速度が所定値以上のときは、ステップs440において、ECU1は、圧縮着火燃焼中か否かを判断し、圧縮着火燃焼時にはステップs470に進み、そうでない場合にはステップs450に進む。

圧縮着火燃焼中でない場合には、ステップs450において、ECU1は、火花点火燃焼中であるか否かを判断し、火花点火燃焼時にはステップs460に進

む。

次に、ステップs 460において、ECU1は、点火信号を遮断して、火花点火を禁止する。

また、ステップs 470において、ECU1は、燃料噴射を停止する。

通常の走行状態から車両を運転するドライバが減速しようとするとき、アクセルから足を外し、ブレーキを踏む。この際、ブレーキ踏力が所定値以上である場合、機関を搭載した車両のドライバが適当なブレーキ力を必要としていることを示しているため、吸気ポート6内にはブレーキアシスト用のために負圧をかける必要があり、スロットル7の開度を全閉近くまで下げる必要がある。また、このときの目標駆動力はゼロもしくはマイナスであるため、圧縮着火燃焼を禁止する指令をECU1より送り、点火信号を遮断もしくは燃料噴射をストップする。これにより余分な燃料消費を抑えることができ、HC排出低減と燃費低減することができる。

また、車速がある所定値以上にキープされており、車両のドライバが再びアクセルを踏んだと判断された場合には再度燃料噴射を開始し、ドライバ意図、車両走行状態、機関運転条件および各センサ値に基づいて、圧縮着火もしくは火花点火運転モードをECU1より指令する。すなわち、本実施形態によって、機関への余分な燃料消費を抑えることができ、かつスムーズな車両走行を行なうことが可能となる。

本実施形態によれば、機関の要求トルクはゼロもしくはマイナスである場合、燃料噴射を停止して、HC排出低減と燃費低減することができる。

次に、図37～図39を用いて、本発明の第10の実施形態による圧縮着火式内燃機関について説明する。

最初に、図37を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成について説明する。

図37は、本発明の第10の実施形態による圧縮着火式内燃機関の構成を示すシステム構成図である。なお、図37において、図1と同一符号は、同一部分を示している。

本実施形態では、図1に示した構成に加えて、排気ポート14に温度センサ4

4を設置している。温度センサ44は、排気ガスの温度検出のために用いられる。温度センサ44の出力値は、ECU1に取り込まれる。

次に、図38を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モードの決定方法について説明する。

図38は、本発明の第10の実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モードの決定方法を示すフローチャートである。

ECU1が、エンジン始動制御を開始すると、最初に、ステップs105において、ECU1は、機関運転条件として、機関冷却水温センサ24の出力である冷却水温及び、エアフローセンサ5によって検出される吸気温度を読み込む。

次に、ステップs165において、ECU1は、ステップs105において読みこまれた冷却水温若しくは吸気温度が所定値以下であるか否かを判断し、所定値以下であればステップs300に進み、火花点火燃焼モードの制御に移行する。また、所定値より大きければ、ステップs200に進み、圧縮着火燃焼モードの制御に移行する。

圧縮着火燃焼における着火時期は、温度、圧力、空燃比などのパラメータに強く依存しており、冷間始動時のように機関の温度が低く、かつ各測定用センサ機能が立ち上がっていないことから空気量演算が困難な状態においては、着火時期および燃焼期間の制御、ひいては機関の出力トルクを十分に制御することが非常に困難である。よって、このような機関の冷却水温および吸気温度のうちどちらか一方が所定値以下である冷間始動時には、火花点火燃焼を選択することによって、スムーズな機関始動を実現できる。

次に、図39を用いて、本実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モード切換制御方法について説明する。

図39は、本発明の第10の実施形態による圧縮着火式内燃機関における燃焼モード切換制御方法を示すフローチャートである。

ステップs500において、ECU1は、エンジン始動後の燃焼切換制御ルーチンを開始する。

最初に、ステップs510において、ECU1は、ドライバ意図として、アクセル開度検出装置2aおよびブレーキ踏力検出装置2bの出力値を読み込む。

次に、ステップ s 5 2 0 において、E C U 1 は、車両走行状態として、車速検出装置 2 c の出力値を取り込み、また、機関運転条件として、アクセル開度検出装置 2 a、空燃比センサ 2 2、クランク角センサ 4、エアフローセンサ 5 およびエアフローセンサ 5 に搭載された吸気温度センサ、機関冷却水温センサ 2 4、触媒後排温センサ 2 3 の各出力値を取り込む。

次に、ステップ s 5 3 0 において、E C U 1 は、ステップ s 2 1 0 ~ s 2 2 0 で取り込まれた情報から、冷却水温及び吸気温度が所定値以上であるか否かを判断し、共に所定値以上であれば、ステップ s 5 6 0 に進む。そうでない場合には、ステップ s 5 5 0 に進み、排気温度センサの出力が所定値以上であるか否かを判断し、所定値以上であれば、ステップ s 5 6 0 に進む。

そして、冷却水温および吸気温度が所定値以上になるか、温度センサ 4 4 の出力値が所定値以上になった場合は、ステップ s 5 6 0 において、E C U 1 は、圧縮始め、すなわち吸気弁 1 9 a が閉じるタイミングでの燃焼室 1 6 内の初期温度が着火に必要なだけ確保されることから、火花点火燃焼から圧縮着火燃焼に切り換える。このとき、温度センサ 4 4 の出力値の代わりに、触媒後排温センサ 2 3 の出力値を用いてもよく、これらの利用によって着火に至らしめるだけの圧縮始めの温度を確保できたかどうかについて、判定することが可能となる。

本実施形態によれば、始動時の冷却水温や排気温によって、燃焼モードを選択して、始動性を向上できるとともに、始動後は条件が整えば速やかに圧縮着火燃焼モードに移行することができる。

以上説明したように、各実施形態の圧縮着火式内燃機関は、自己着火燃焼と火花点火燃焼を両立するエンジンシステムであり、吸入空気量調整装置と可変バルブ機構を、ドライバ意図、車両走行状態および機関運転条件に応じて制御することにより、内部 E G R 量、吸入空気量および圧縮着火時期を独立に制御できる。すなわち、圧縮自己着火運転領域の拡大とこの運転領域内における最適な出力トルク制御を両立し、かつ自己着火燃焼と火花点火燃焼の切り換えもスムーズに行なうことができるという優れた利点を有しており、低 N O x 低 H C 低燃費を実現できる。

産業上の利用の可能性

本発明によれば、圧縮自己着火運転領域の拡大とこの運転領域内における最適な出力トルク制御を両立し、かつ自己着火燃焼と火花点火燃焼の切り換えもスムーズに行なえるものとなる。

請求の範囲

1. 点火装置を用いた火花点火燃焼と、ピストン圧縮によって混合気を自己着火させる圧縮着火燃焼とを切り換えて運転するとともに、

吸気弁および排気弁のバルブタイミングおよびバルブリフト量のうち少なくとも1つを変化させる可変バルブ機構(15a, 15b)を有する圧縮着火式内燃機関において、

圧縮着火式内燃機関の燃焼室入口より上流側で燃焼室への吸入空気量を変化させる吸入空気量調整手段(7;30;32;40, 42)と、

圧縮着火燃焼時に、上記可変バルブ機構と、上記吸入空気量調整手段とを制御して、圧縮着火燃焼を行う制御手段(1)を備えたことを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

2. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、上記可変バルブ機構(15a, 15b)を制御して、圧縮着火燃焼時に、排気弁のバルブリフト量を少なくすることを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

3. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、上記可変バルブ機構(15a, 15b)を制御して、圧縮着火燃焼時に、排気弁の開時間を少なくすることを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

4. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火式内燃機関の機関運転条件、圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の車両走行状態および該圧縮着火式内燃機関を搭載した車両のドライバのドライバ意図に応じて、燃料噴射量を決定し、この決定された燃料噴射量から目標空燃比となるように目標空気量を演算し、上記燃焼室に供給される吸入空気量が目標空気量となるように、上記可変バルブ機構(15a, 15b)と上記吸入空気量調整手段(7;30;32;40, 42)とを制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

5. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火式内燃機関の機関運転条件、圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の車両走行状態および該圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の

ドライバのドライバ意図に応じて、燃料噴射量を決定し、この決定された燃料噴射量から目標空燃比となるように目標空気量を演算し、上記燃焼室に供給される吸入空気量が目標空気量となるように、上記可変バルブ機構(15a, 15b)と上記吸入空気量調整手段(7;30;32;40, 42)とを制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

6. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火式内燃機関の機関運転条件、圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の車両走行状態および該圧縮着火式内燃機関を搭載した車両のドライバのドライバ意図に応じて、目標空気量を求め、空燃比が目標空燃比となるように、上記可変バルブ機構(15a, 15b)と上記吸入空気量調整手段(7;30;32;40, 42)とを制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

7. 請求項6記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、さらに、着火時期が目標着火時期となるように、フィードバック制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

8. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火式内燃機関の機関運転条件、圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の車両走行状態および該圧縮着火式内燃機関を搭載した車両のドライバのドライバ意図に応じて、吸気弁若しくは排気弁を操作し、空燃比が目標空燃比となるように、燃料噴射手段(11)と上記吸入空気量調整手段(7;30;32;40, 42)とを制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

9. 請求項8記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、さらに、着火時期が目標着火時期となるように、フィードバック制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

10. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火式内燃機関の機関運転条件、圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の車両走行状態および該圧縮着火式内燃機関を搭載した車両のドライバのドライバ意図に応じて、空燃比が目標空燃比となるように、上記可変バルブ機構(15a, 15b)と燃料噴射手段(11)と上記吸入空気量調整手段(7;30;32;40, 42)とを制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

1 1. 請求項 1 の記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、さらに、着火時期が目標着火時期となるように、フィードバック制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

1 2. 請求項 1 の記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火式内燃機関の機関運転条件、圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の車両走行状態および該圧縮着火式内燃機関を搭載した車両のドライバのドライバ意図に応じて、上記吸入空気量調整手段(7;30;32;40,42)を操作し、空燃比が目標空燃比となるように、燃料噴射手段(11)と上記可変バルブ機構(15a,15b)とを制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

1 3. 請求項 1 の記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、さらに、着火時期が目標着火時期となるように、フィードバック制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

1 4. 請求項 1 の記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、運転条件が低速・低負荷状態においては、吸気弁のリフト量が小さく、そして吸気弁の閉じタイミングを早くなるように上記可変バルブ機構(15a,15b)を制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

1 5. 請求項 1 の記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、内部EGR率を一定のまま、上記吸入空気量調整手段(7;30;32;40,42)による吸入空気量を最大とすることを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

1 6. 請求項 1 の記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火燃焼による運転領域では、機関負荷が大きくなるほど燃焼室内へ吸入される空気量が多くなるように、上記可変バルブ機構(15a,15b)を制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

1 7. 請求項 1 の記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火燃焼による運転領域では、機関回転数が大きくなるほど圧縮行程開始時の燃焼室内の混合気温度が高くなるように、上記可変バルブ機構(15a,15b)若しくは上記吸入空気量調整手段(7;30;32;40,42)を制御して、内部EGR率を高くすることを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

18. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火燃焼による運転領域では、機関回転数が大きくなるほど燃料噴射量を増加するように制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

19. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火燃焼による運転領域では、機関回転数が大きくなるほど理論空燃比に近づけるように制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

20. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、圧縮着火燃焼から火花点火燃焼へ切り換える際に、圧縮着火燃焼時よりも内部EGR率を少なくするように、上記可変バルブ機構(15a, 15b)を制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

21. 請求項20記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記制御手段(1)は、上記圧縮着火燃焼から火花点火燃焼へ切り換える際に、吸入空気量が連続的に変化するように、上記吸入空気量調整手段(7;30;32;40, 42)を制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

22. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記吸入空気量調整手段(30)は、吸入路をバイパスする流路に設けられていることを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

23. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

上記吸入空気量調整手段(32)は、上記燃焼室に過給した空気を供給する過給機から構成され、上記制御手段は、この過給機の過給圧を制御して供給する空気量を制御することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

24. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

この圧縮着火式内燃機関の機関運転条件、この圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の車両走行状態及びこの圧縮着火式内燃機関を搭載して車両のドライバのドライバ意図に応じて、火花点火燃焼と圧縮着火燃焼とを切り換えて運転することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

25. 請求項24記載の圧縮着火式内燃機関において、

アクセル開度が所定値以上若しくは車両加速度が所定値以上の場合には、火花点火燃焼により機関運転を行うことを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

26. 請求項24記載の圧縮着火式内燃機関において、

アクセル開度が所定値以上若しくは車両速度が所定値以上の場合には、火花点火燃焼により機関運転を行うことを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

27. 請求項24記載の圧縮着火式内燃機関において、

車速が所定値以上で、ブレーキ踏力が所定値以上の場合には、圧縮着火燃焼による機関運転を禁止することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

28. 請求項24記載の圧縮着火式内燃機関において、

冷却水温及び吸気温度が所定値以下の場合には、火花点火燃焼により機関運転を行うことを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

29. 請求項28記載の圧縮着火式内燃機関において、

排気温度が所定値以上になると、圧縮着火燃焼による機関運転に切り換えることを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

30. 請求項1記載の圧縮着火式内燃機関において、

この圧縮着火式内燃機関の機関運転条件、この圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の車両走行状態及びこの圧縮着火式内燃機関を搭載して車両のドライバのドライバ意図に応じて、圧縮着火燃焼による機関運転を禁止することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

31. 点火装置を用いた火花点火燃焼と、ピストン圧縮によって混合気を自己着火させる圧縮着火燃焼とを切り換えて運転する圧縮着火式内燃機関において、

この圧縮着火式内燃機関の機関運転条件、この圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の車両走行状態及びこの圧縮着火式内燃機関を搭載して車両のドライバのドライバ意図に応じて、火花点火燃焼と圧縮着火燃焼とを切り換えて運転することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

32. 請求項31記載の圧縮着火式内燃機関において、

アクセル開度が所定値以上若しくは車両加速度が所定値以上の場合には、火花点火燃焼により機関運転を行うことを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

33. 請求項31記載の圧縮着火式内燃機関において、

アクセル開度が所定値以上若しくは車両速度が所定値以上の場合には、火花点火燃焼により機関運転を行うことを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

34. 請求項31記載の圧縮着火式内燃機関において、

車速が所定値以上で、ブレーキ踏力が所定値以上の場合には、圧縮着火燃焼による機関運転を禁止することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

35. 請求項31記載の圧縮着火式内燃機関において、

冷却水温及び吸気温度が所定値以下の場合には、火花点火燃焼により機関運転を行うことを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

36. 請求項35記載の圧縮着火式内燃機関において、

排気温度が所定値以上になると、圧縮着火燃焼による機関運転に切り換えることを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

37. 点火装置を用いた火花点火燃焼と、ピストン圧縮によって混合気を自己着火させる圧縮着火燃焼とを切り換えて運転する圧縮着火式内燃機関において、

この圧縮着火式内燃機関の機関運転条件、この圧縮着火式内燃機関を搭載した車両の車両走行状態及びこの圧縮着火式内燃機関を搭載して車両のドライバのドライバ意図に応じて、圧縮着火燃焼による機関運転を禁止することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

38. 請求項37記載の圧縮着火式内燃機関において、

アクセル開度が所定値以上若しくは車両加速度が所定値以上の場合には、火花点火燃焼により機関運転を行うことを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

39. 請求項37記載の圧縮着火式内燃機関において、

アクセル開度が所定値以上若しくは車両速度が所定値以上の場合には、火花点火燃焼により機関運転を行うことを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

40. 請求項37記載の圧縮着火式内燃機関において、

車速が所定値以上で、ブレーキ踏力が所定値以上の場合には、圧縮着火燃焼による機関運転を禁止することを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

41. 請求項37記載の圧縮着火式内燃機関において、

冷却水温及び吸気温度が所定値以下の場合には、火花点火燃焼により機関運転を行うことを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

4 2. 請求項 4 1 記載の圧縮着火式内燃機関において、
排気温度が所定値以上になると、圧縮着火燃焼による機関運転に切り換えるこ
とを特徴とする圧縮着火式内燃機関。

図1

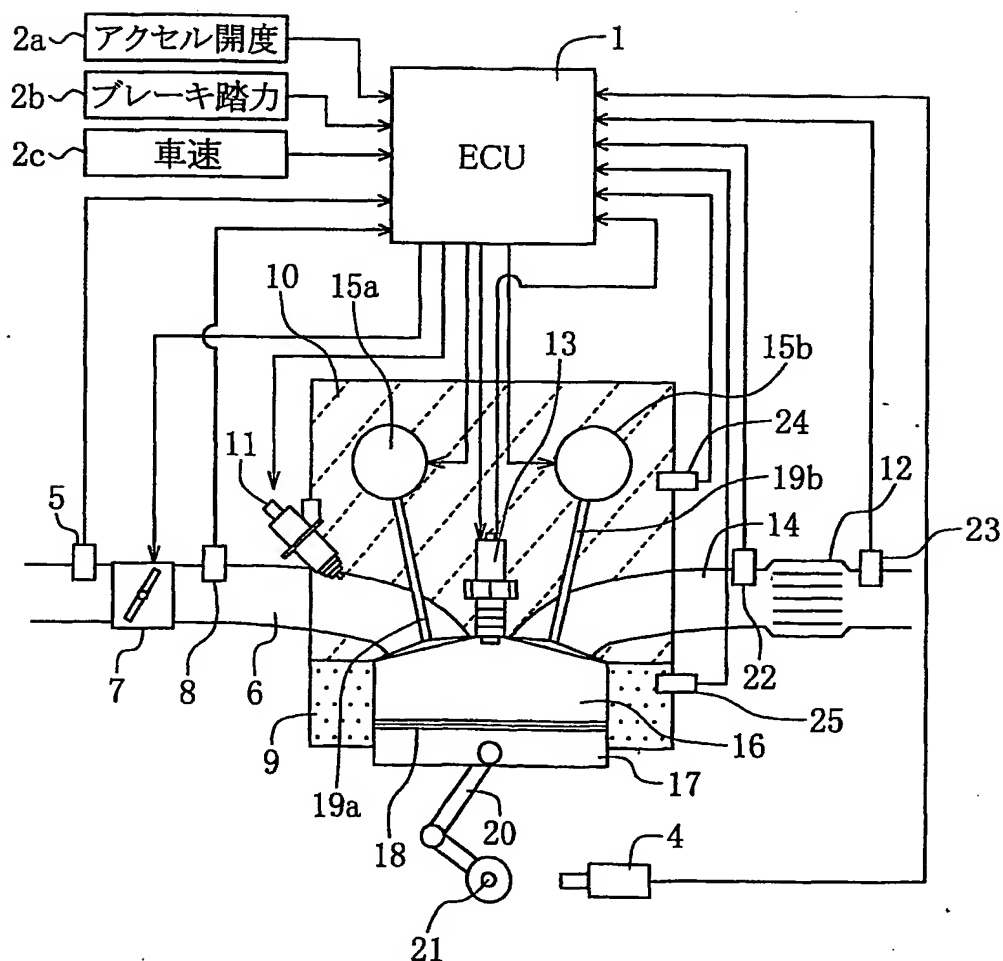


図2

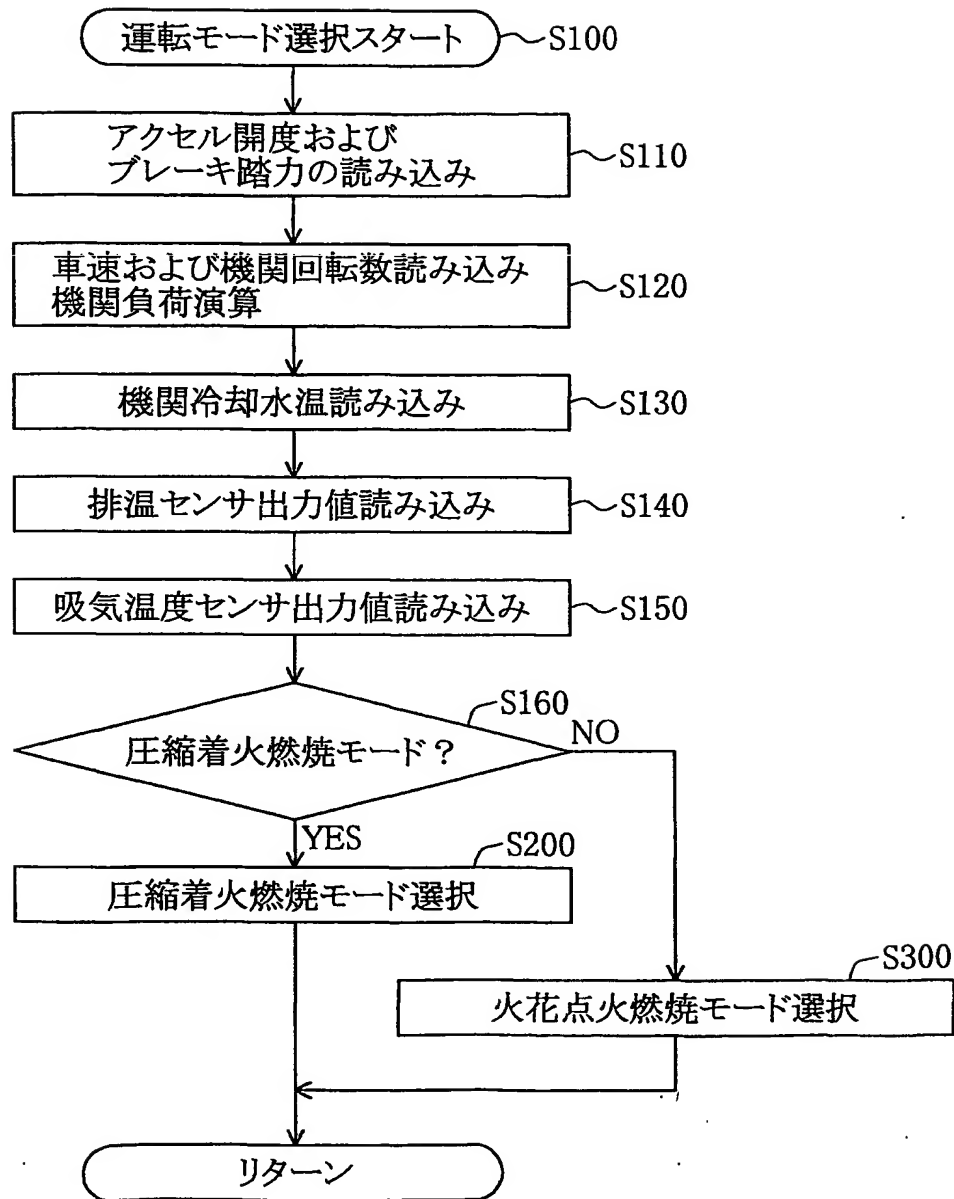


図3

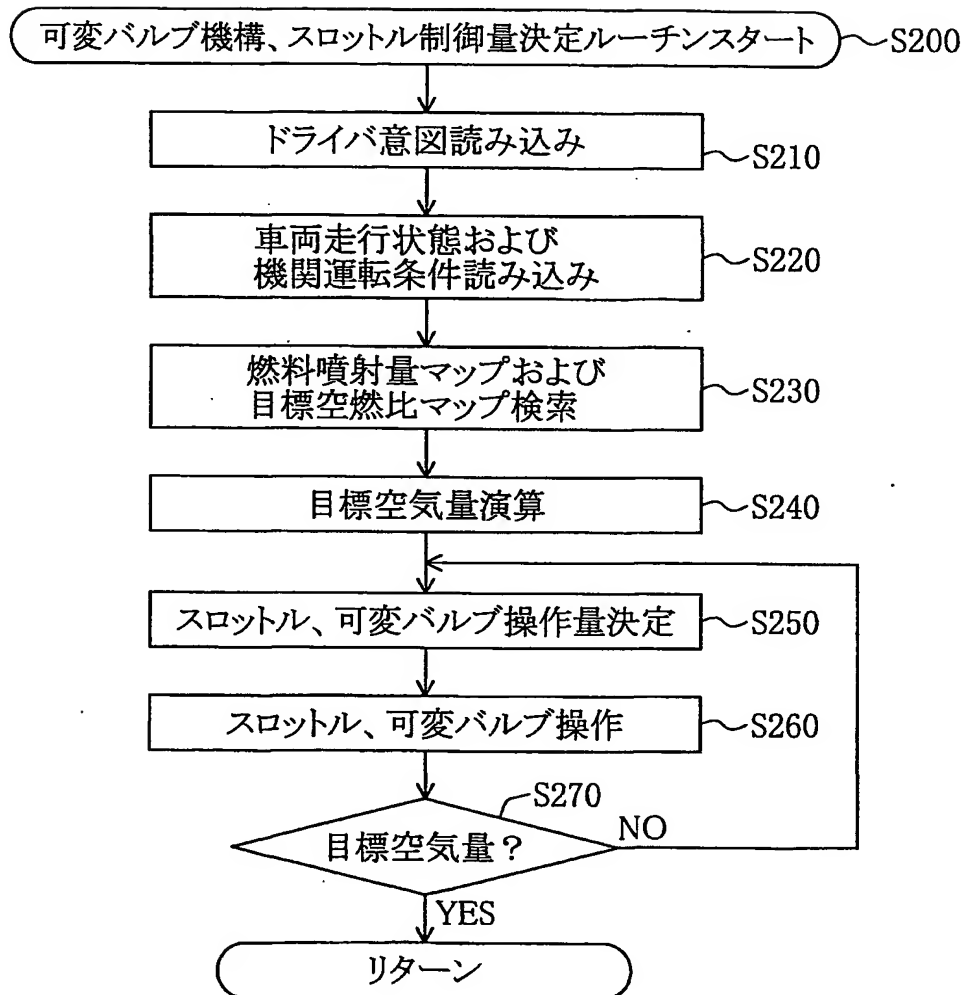


図4

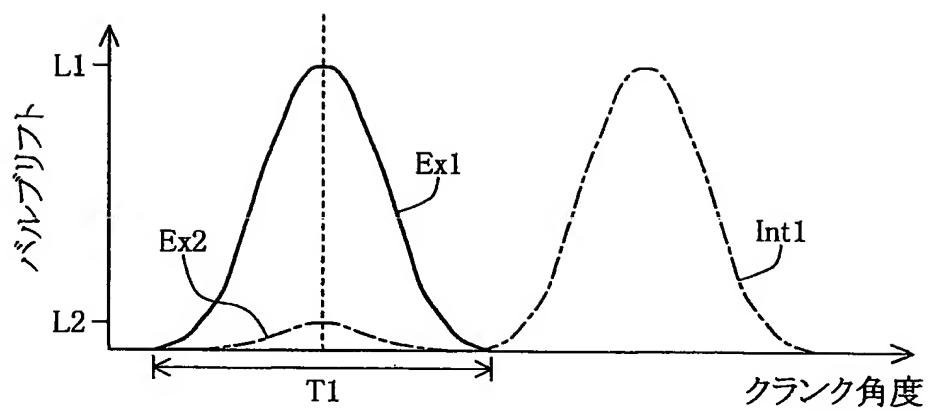


図5

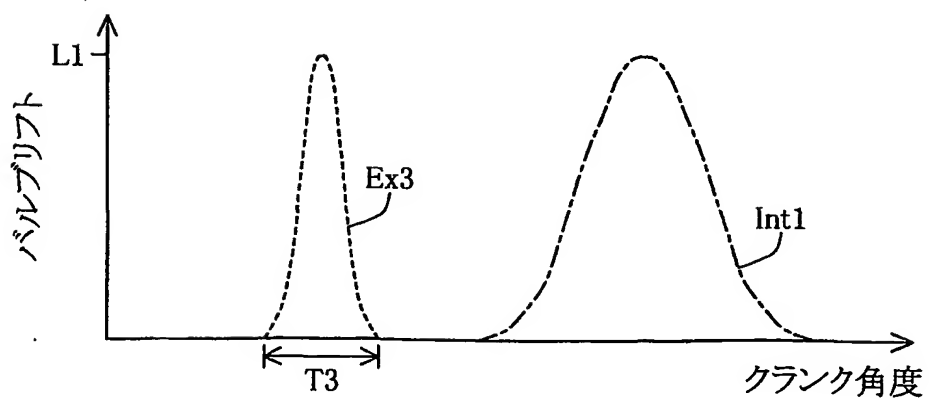


図6

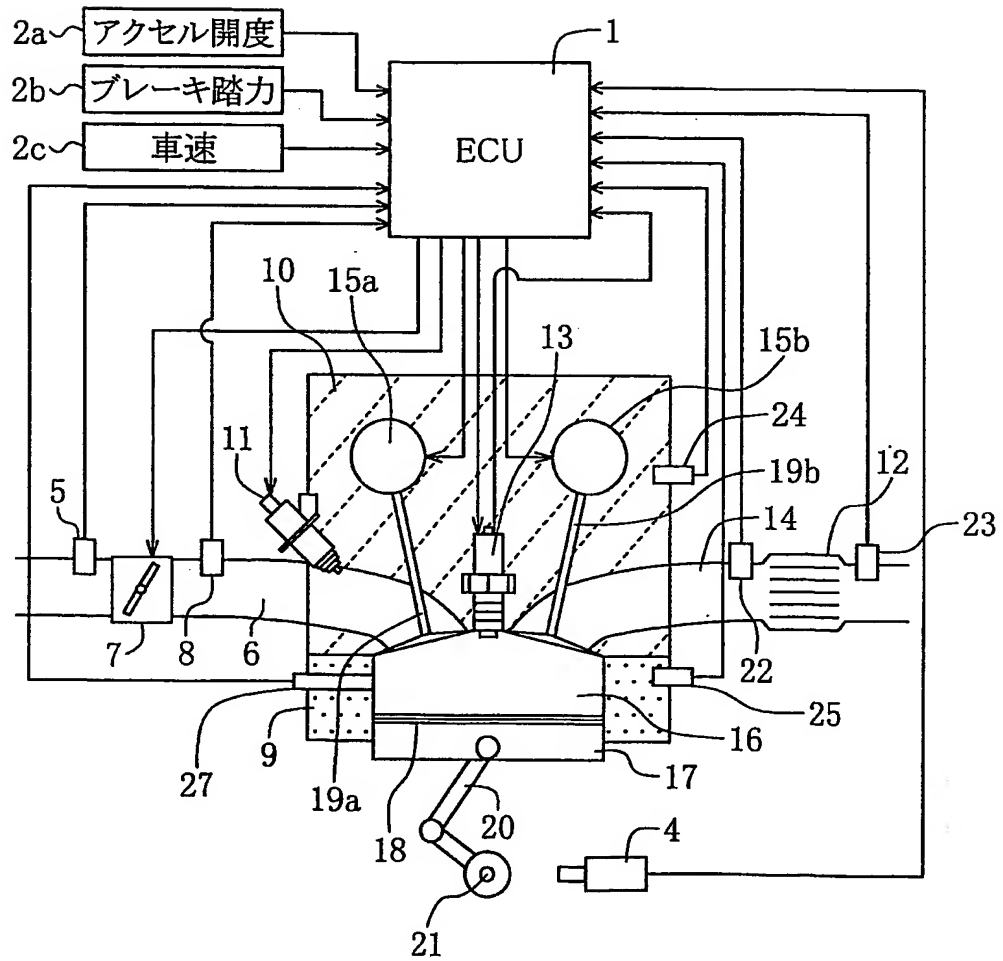


図7

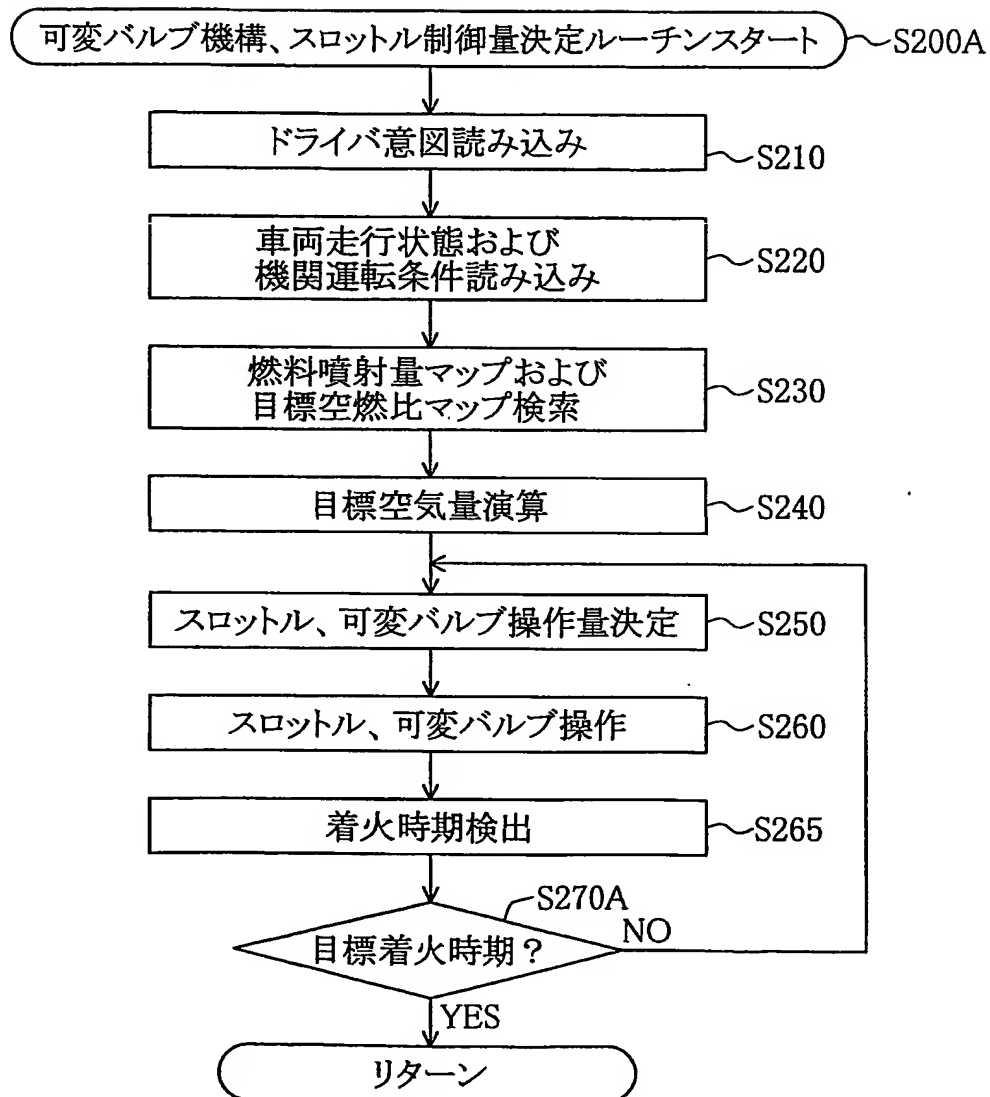


図8A

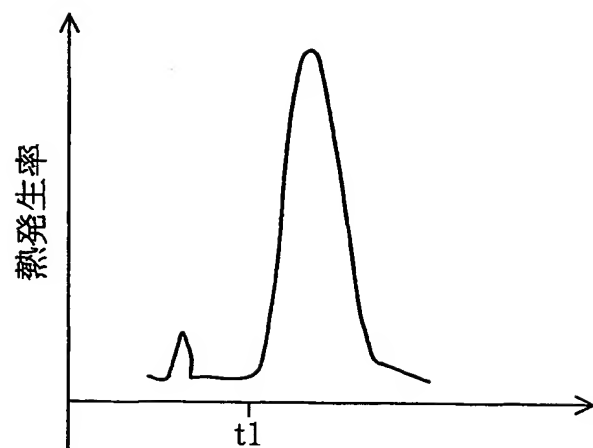


図8B

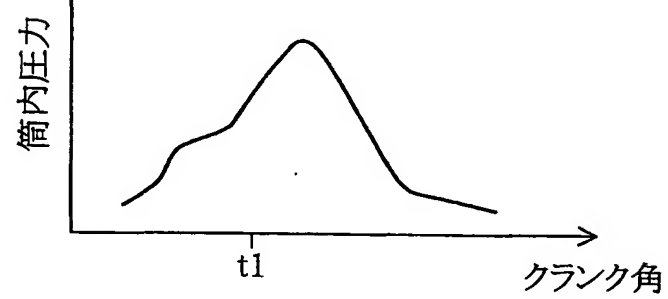


図9

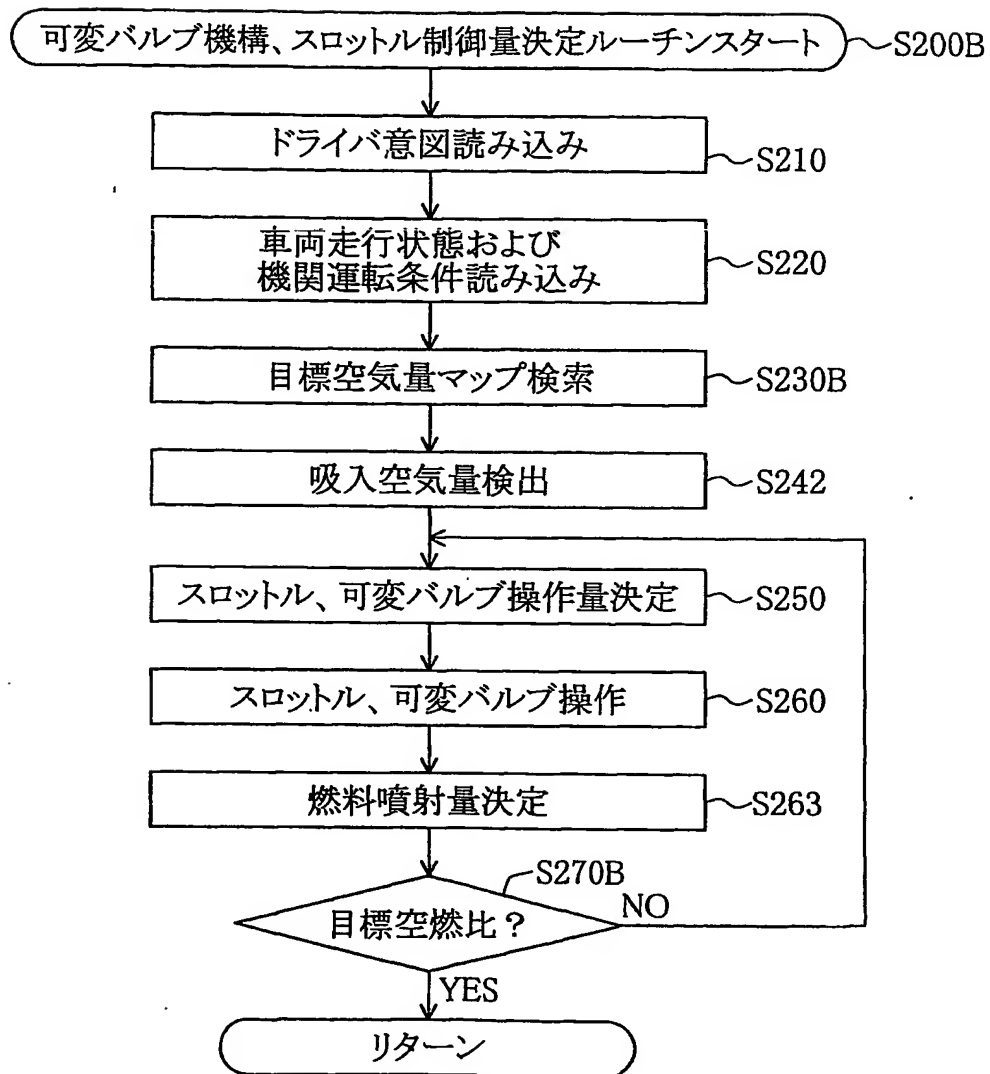


図10

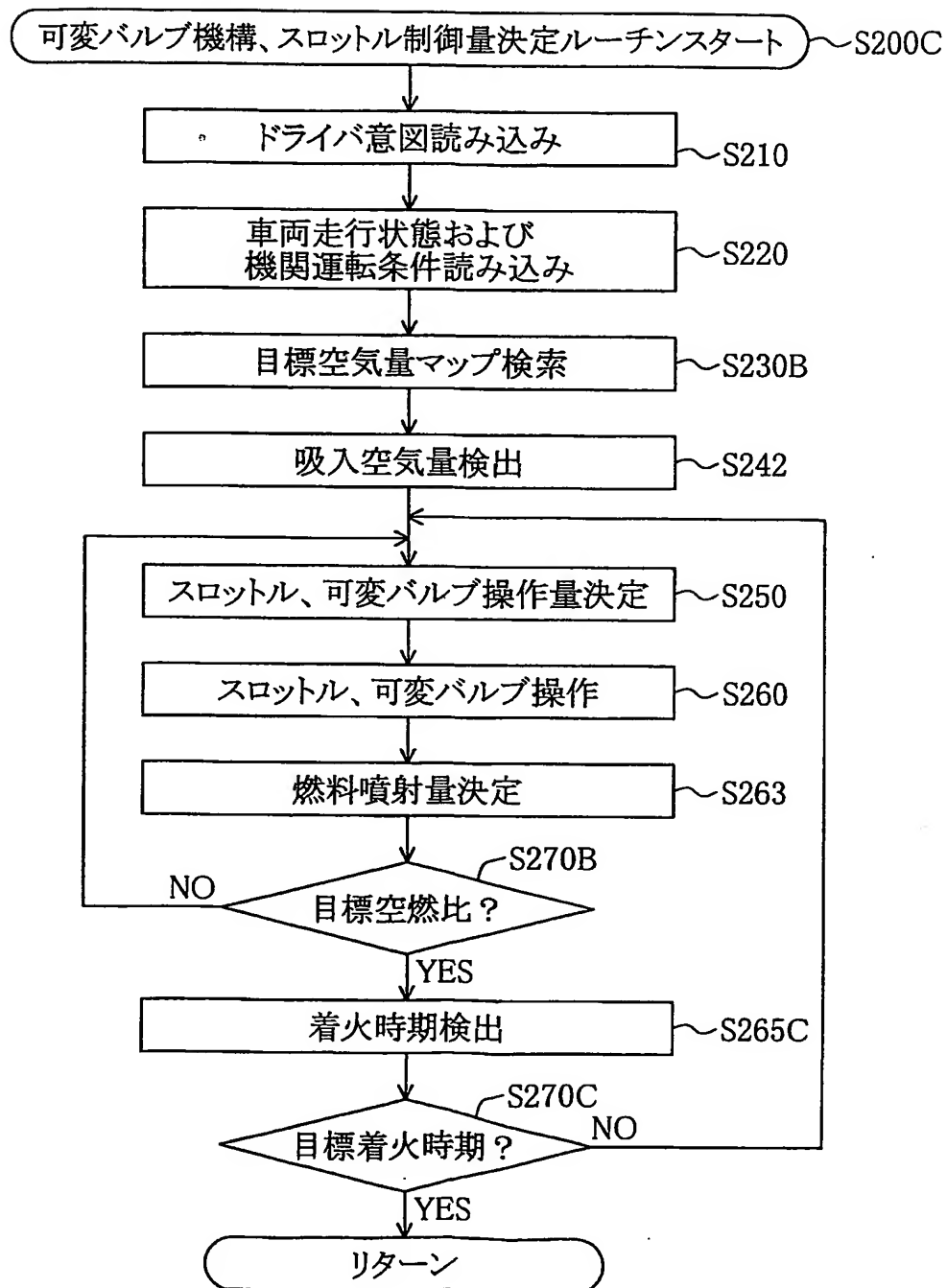


図11

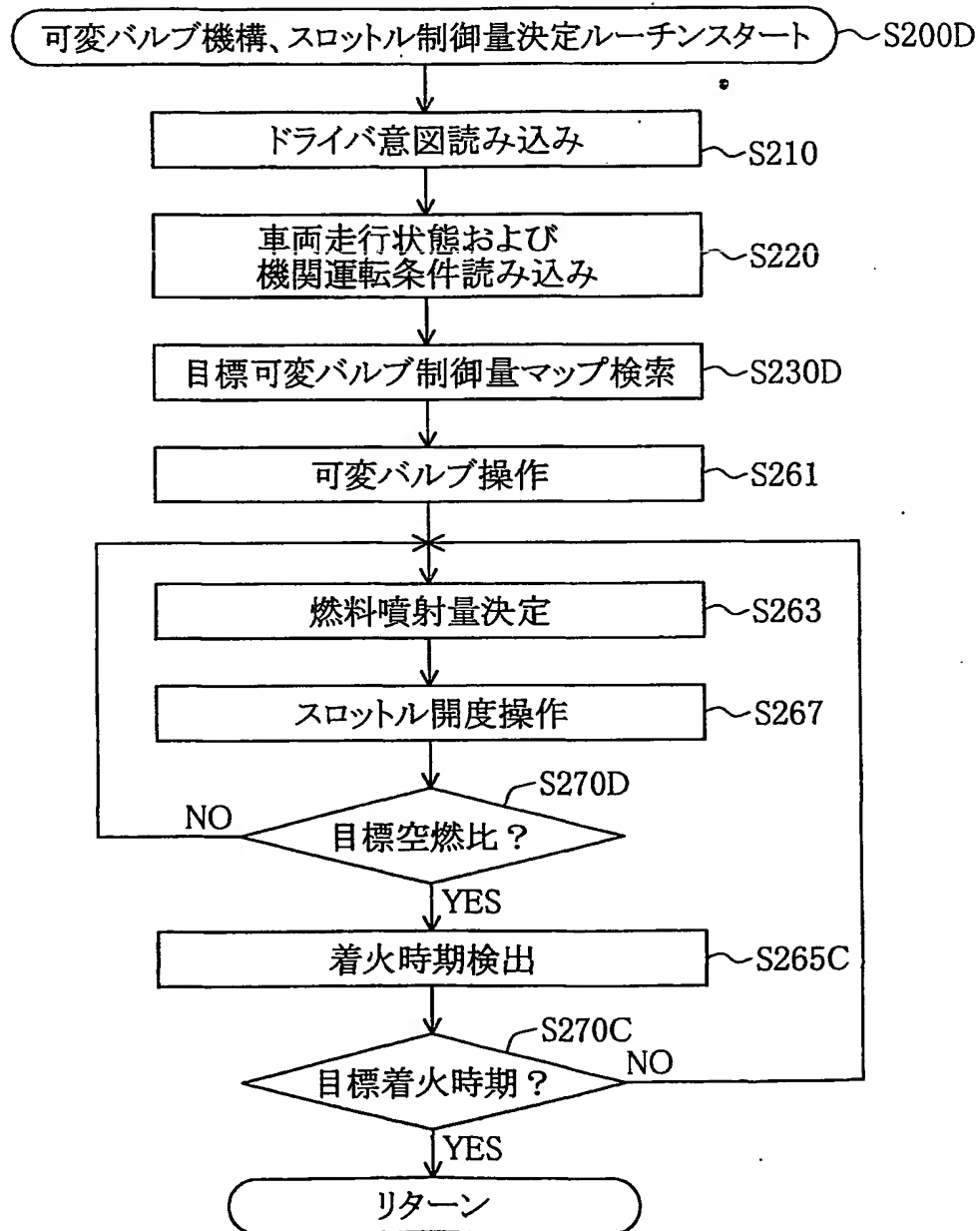


図12

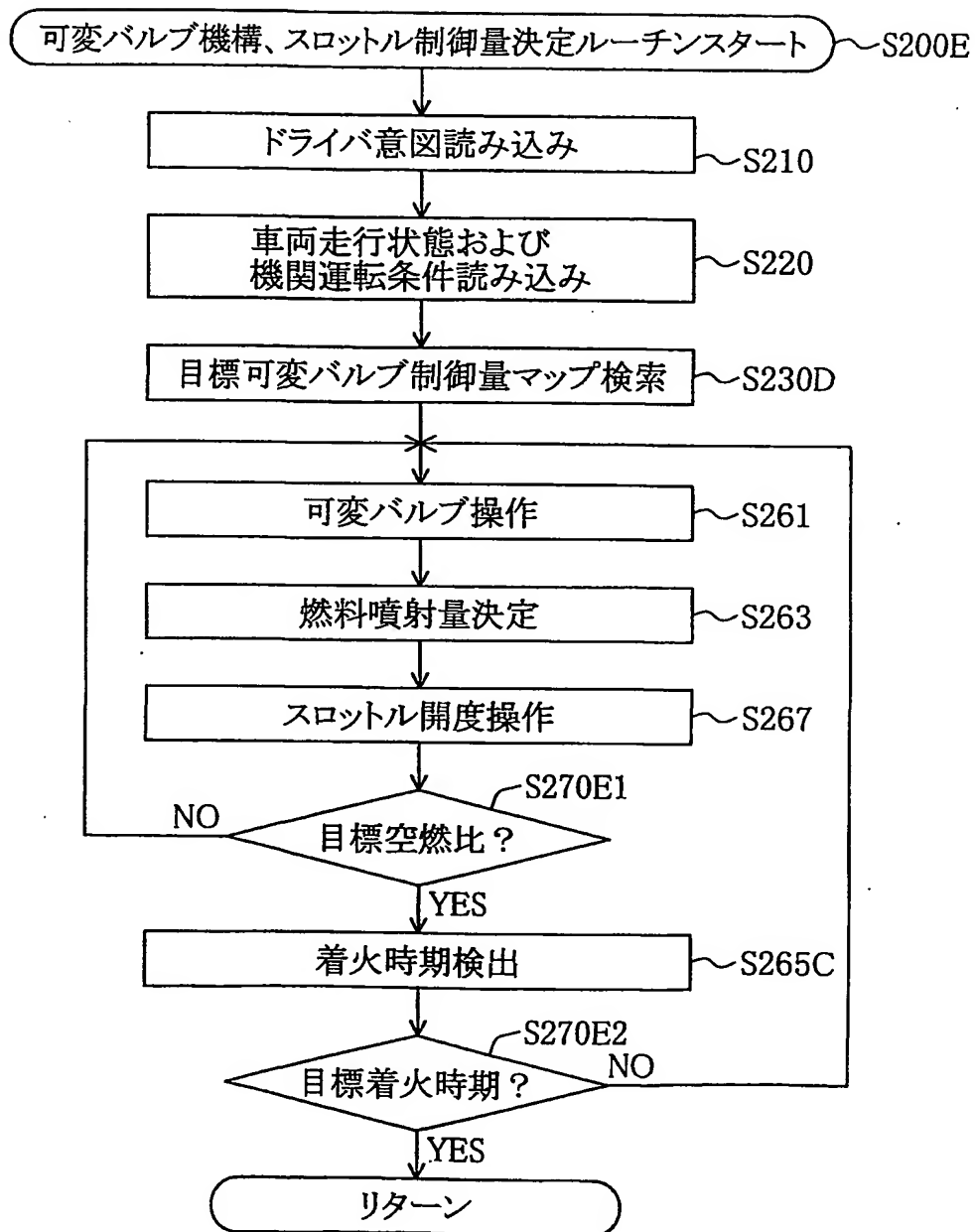


図13

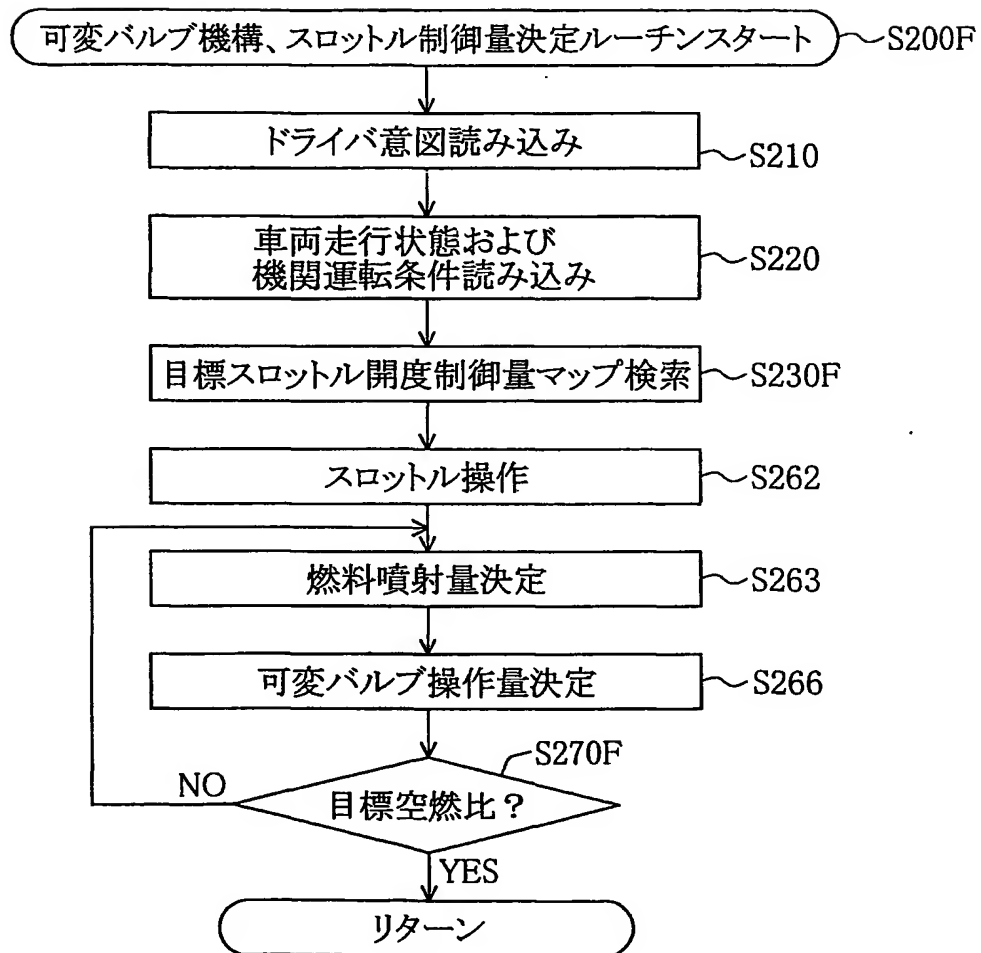


図14

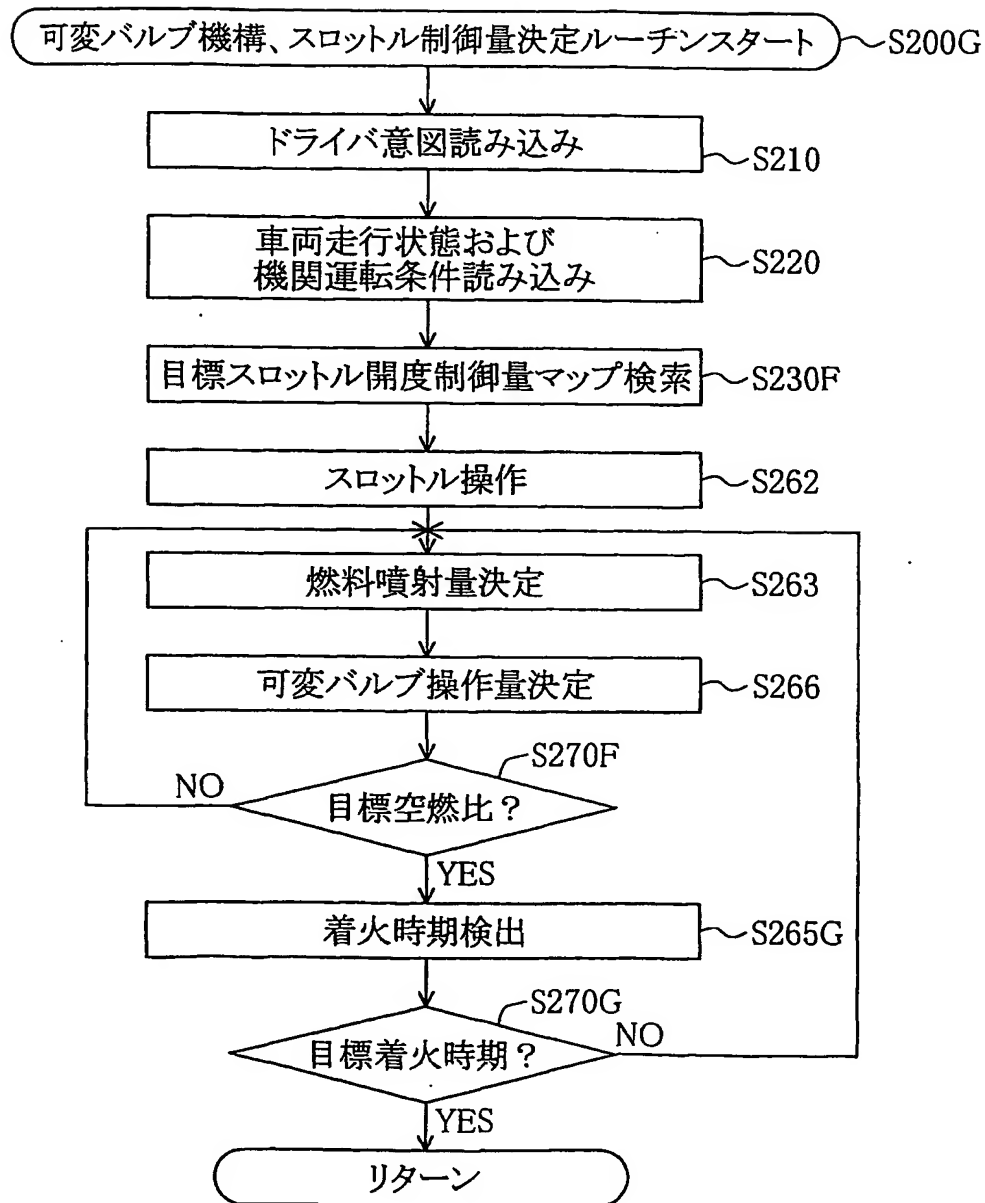


図15

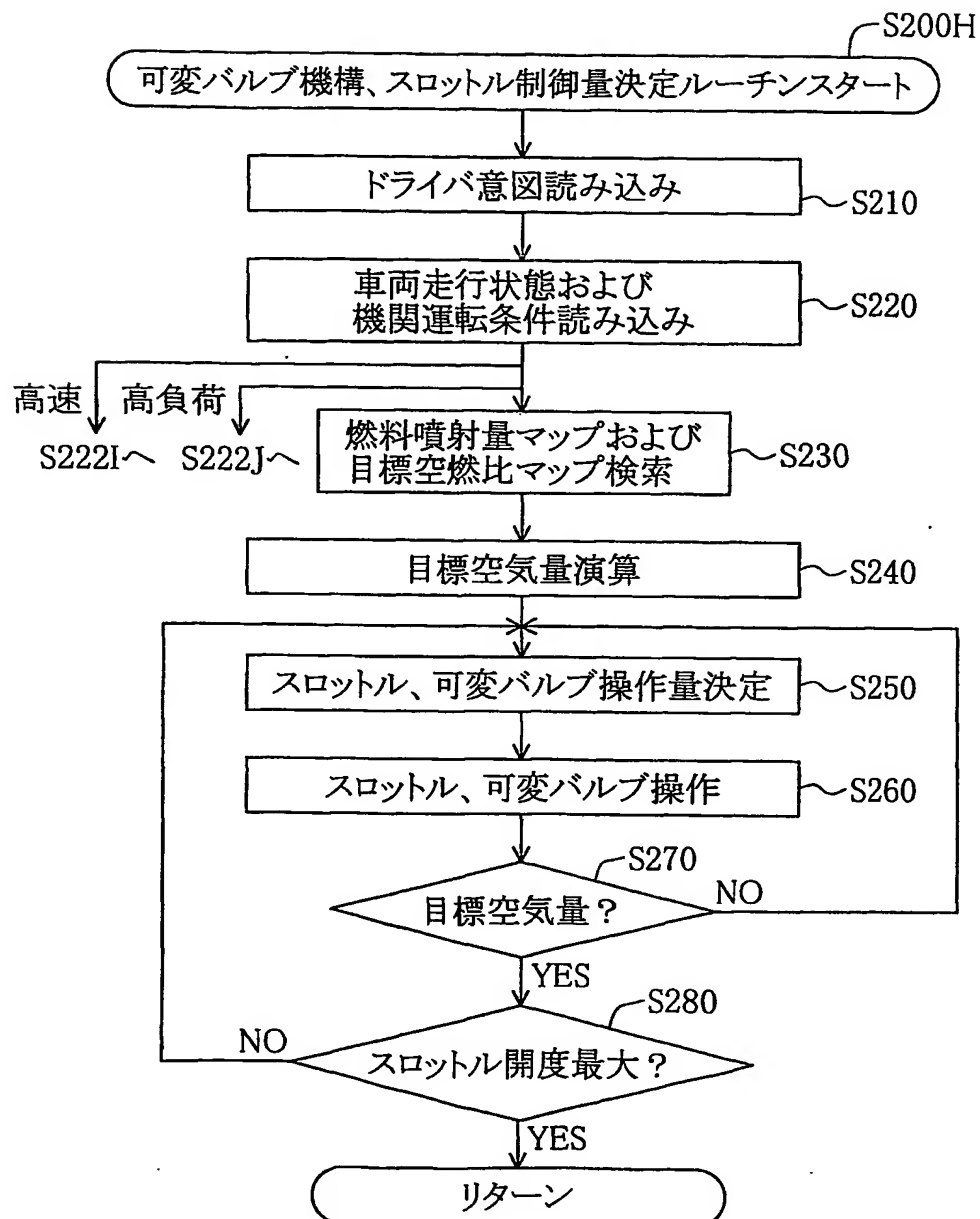


図16

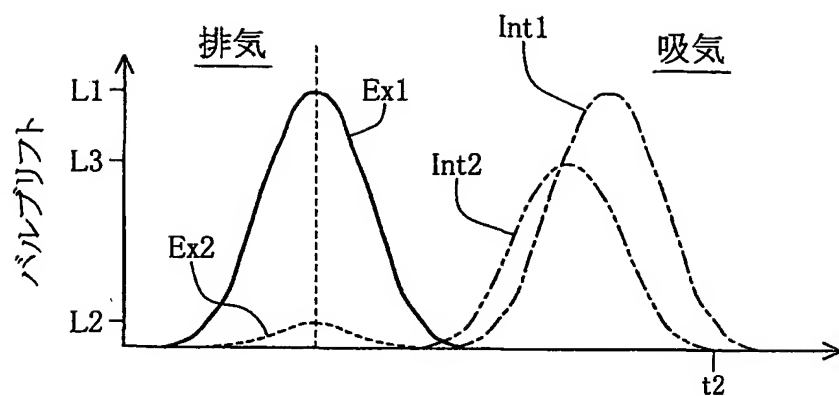


図17

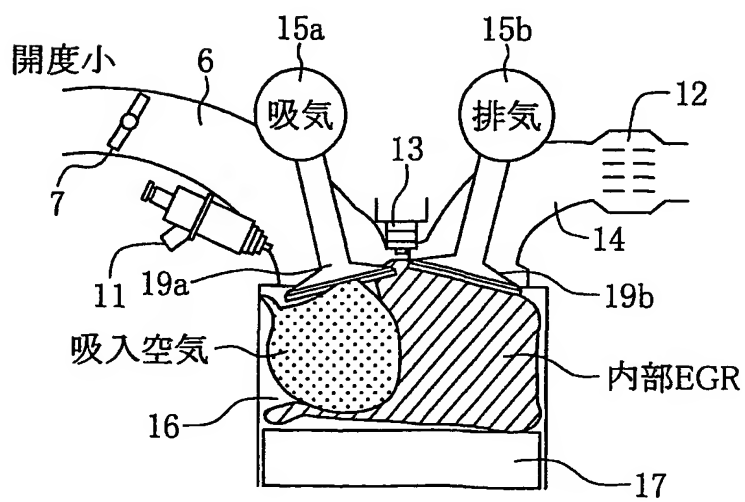


図18

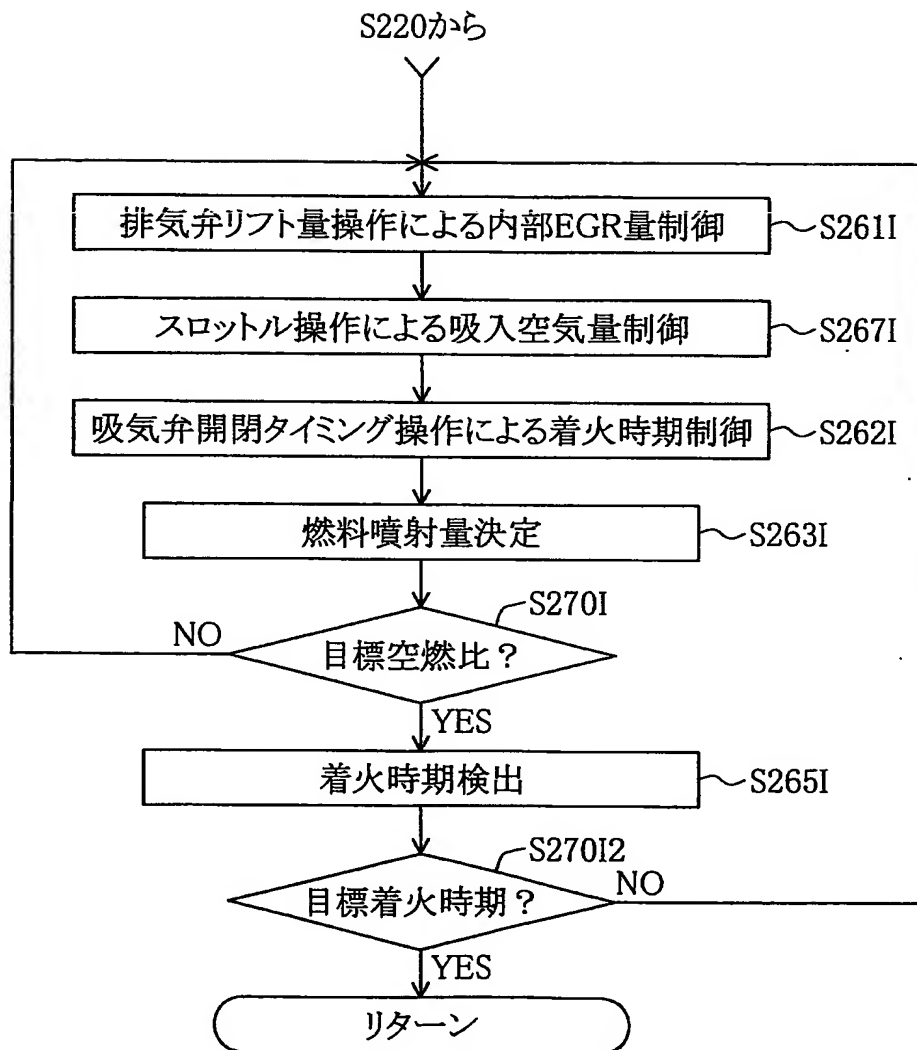


図19

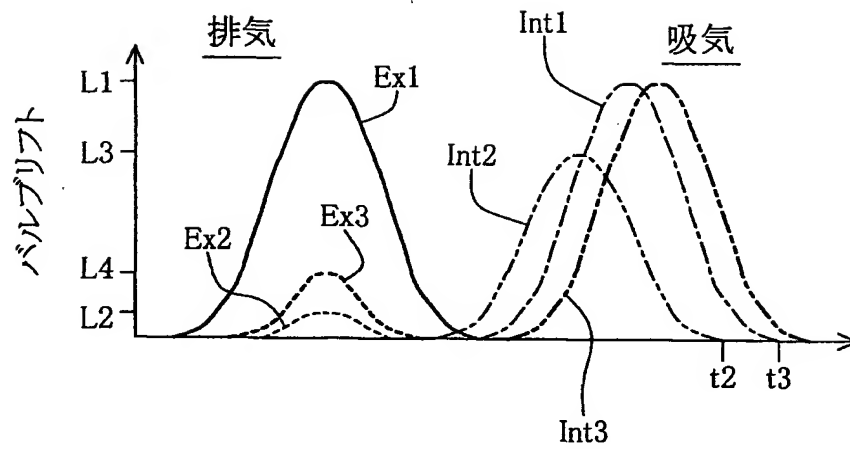


図20

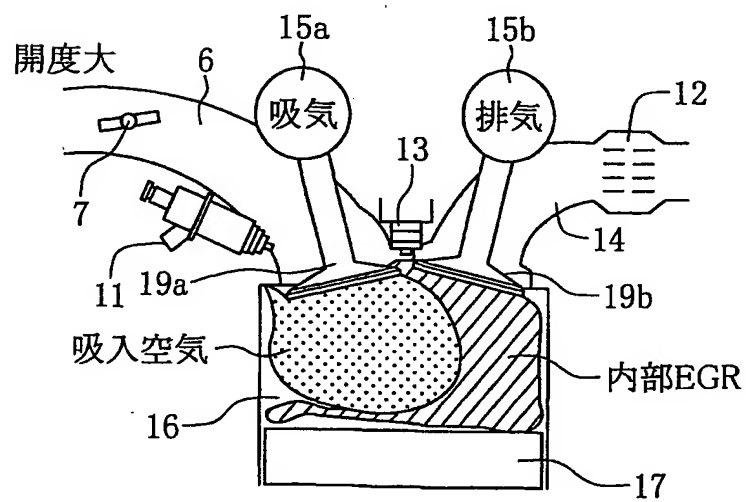


図21

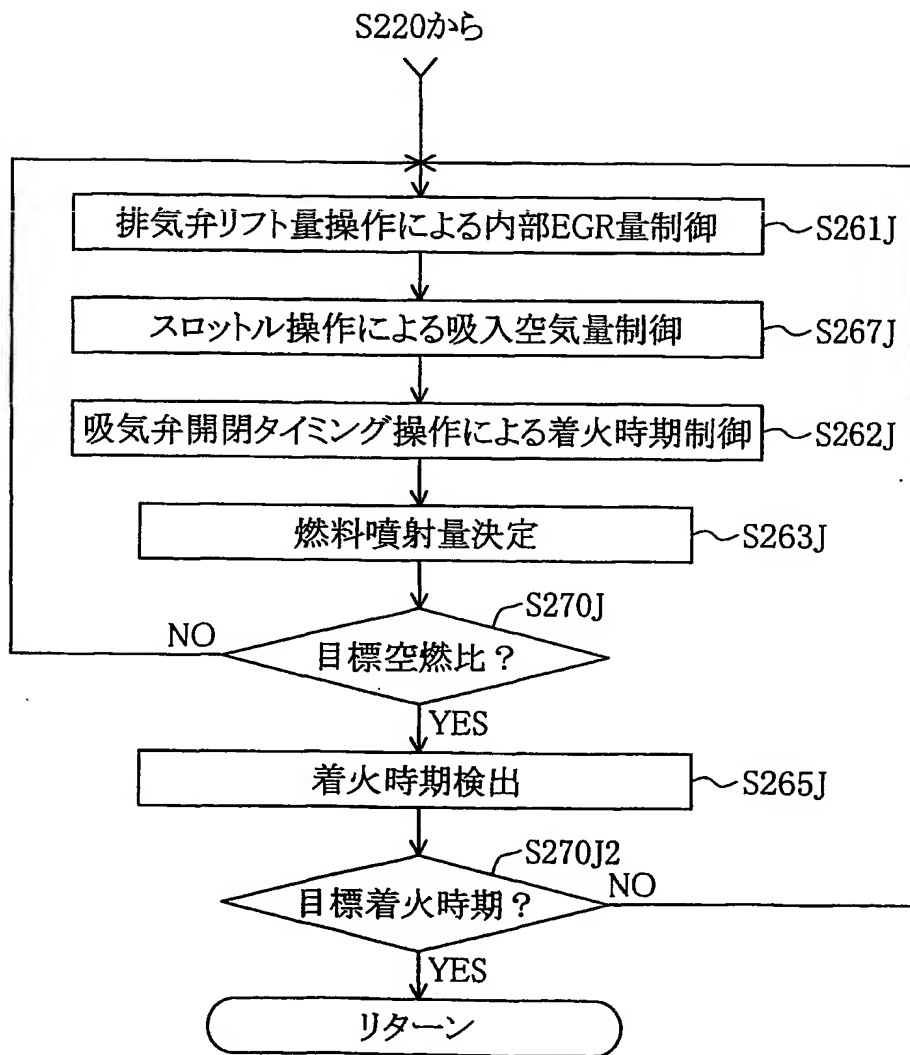


图 22

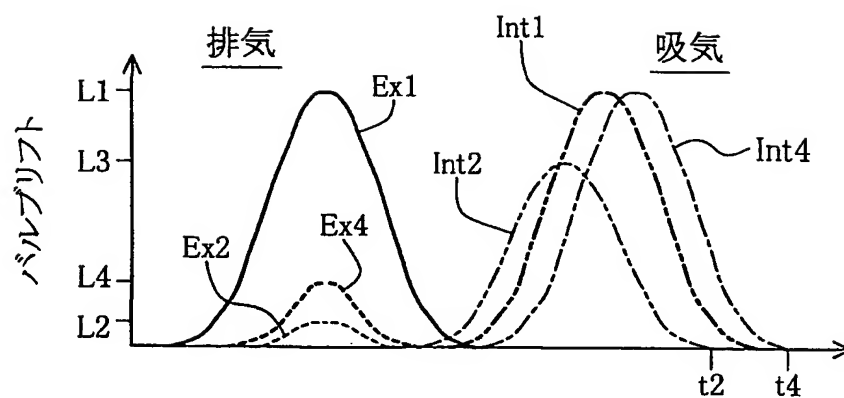


图 23

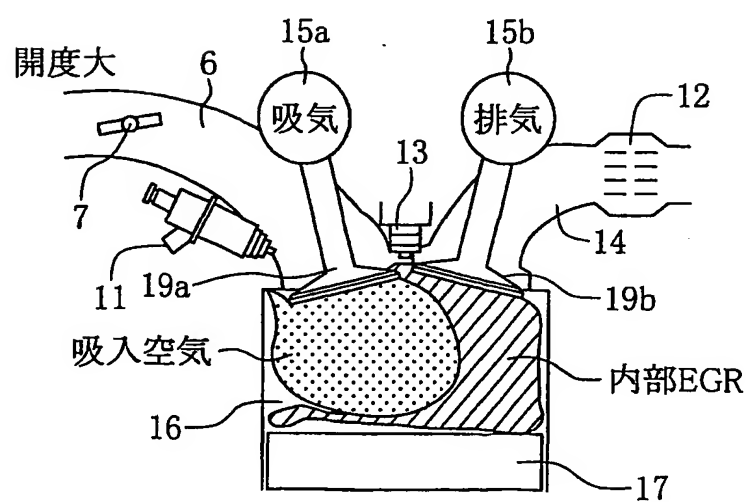


図24

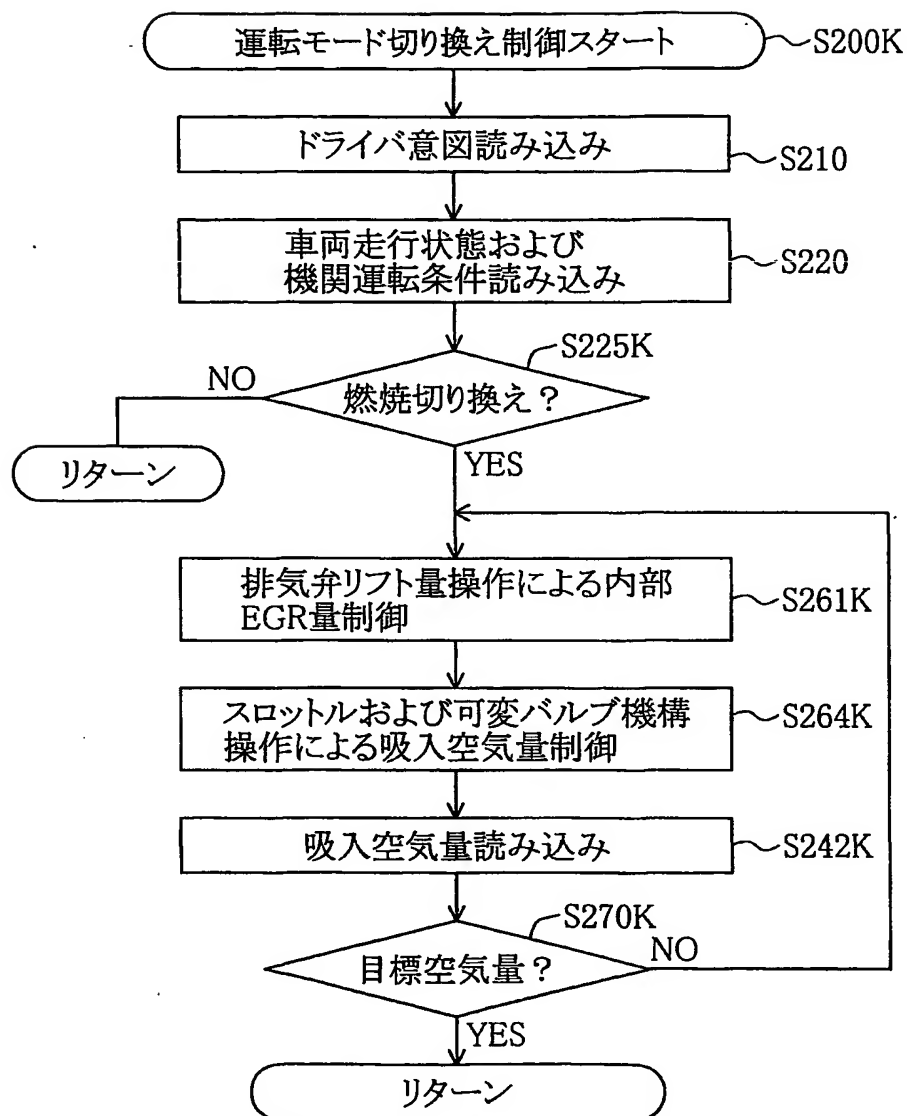


図25

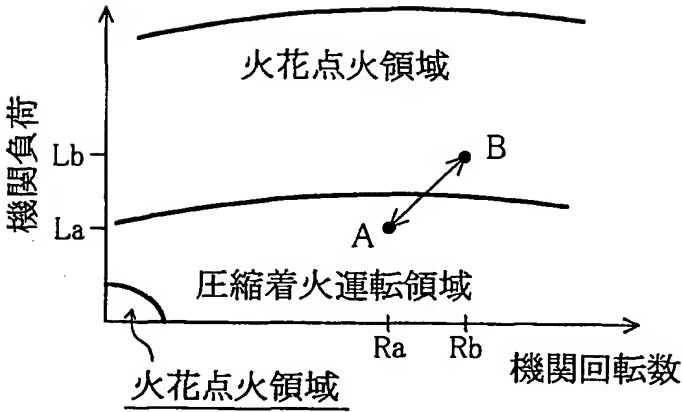


図26A

図26B

図26C

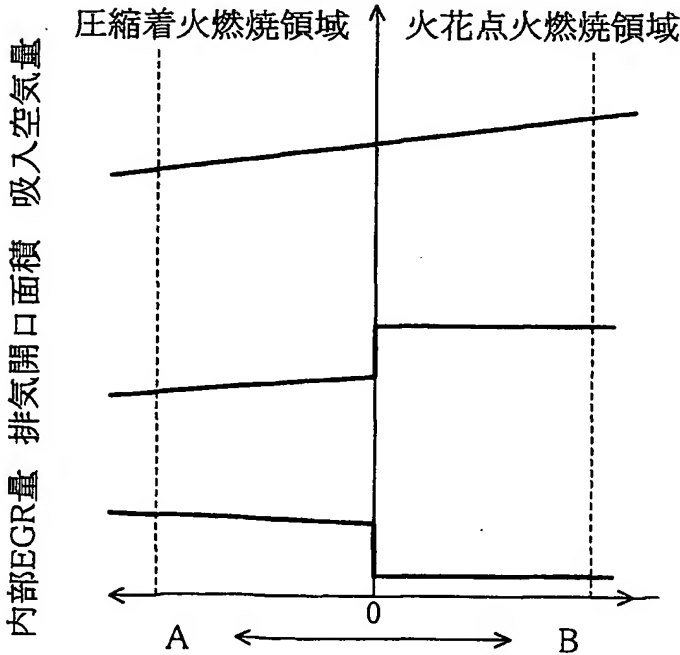


図27

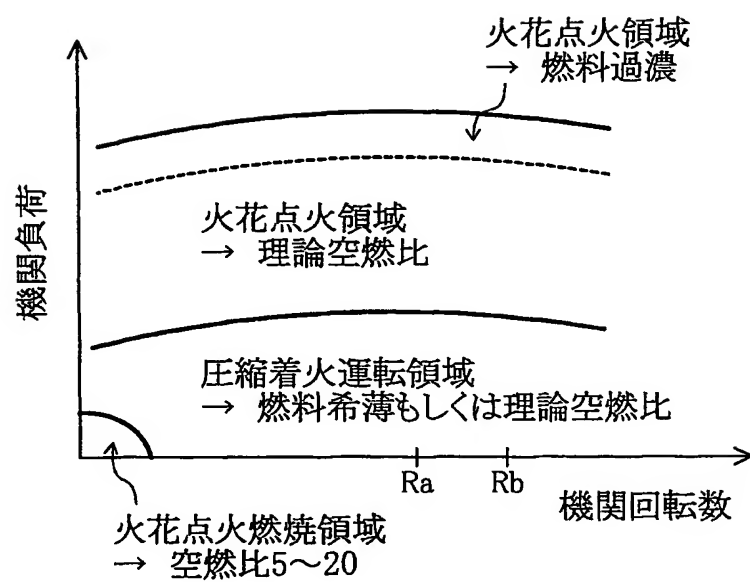


図28

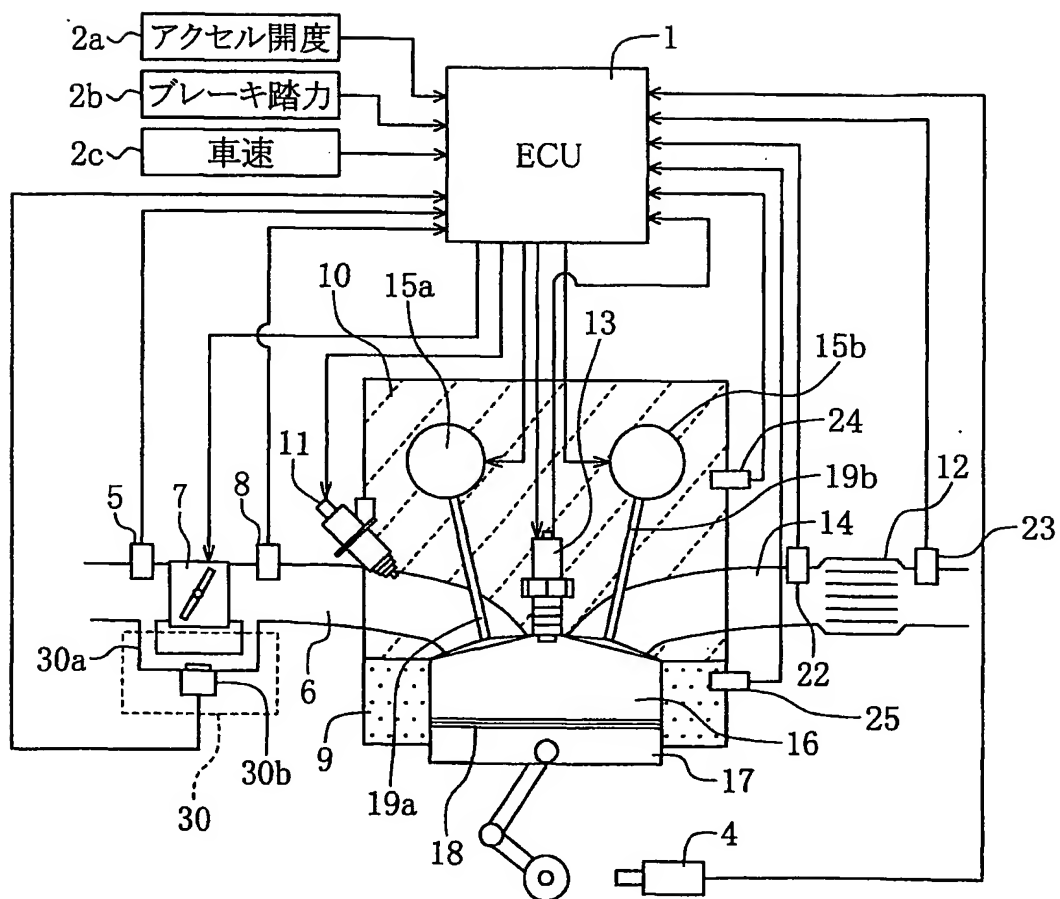


図29

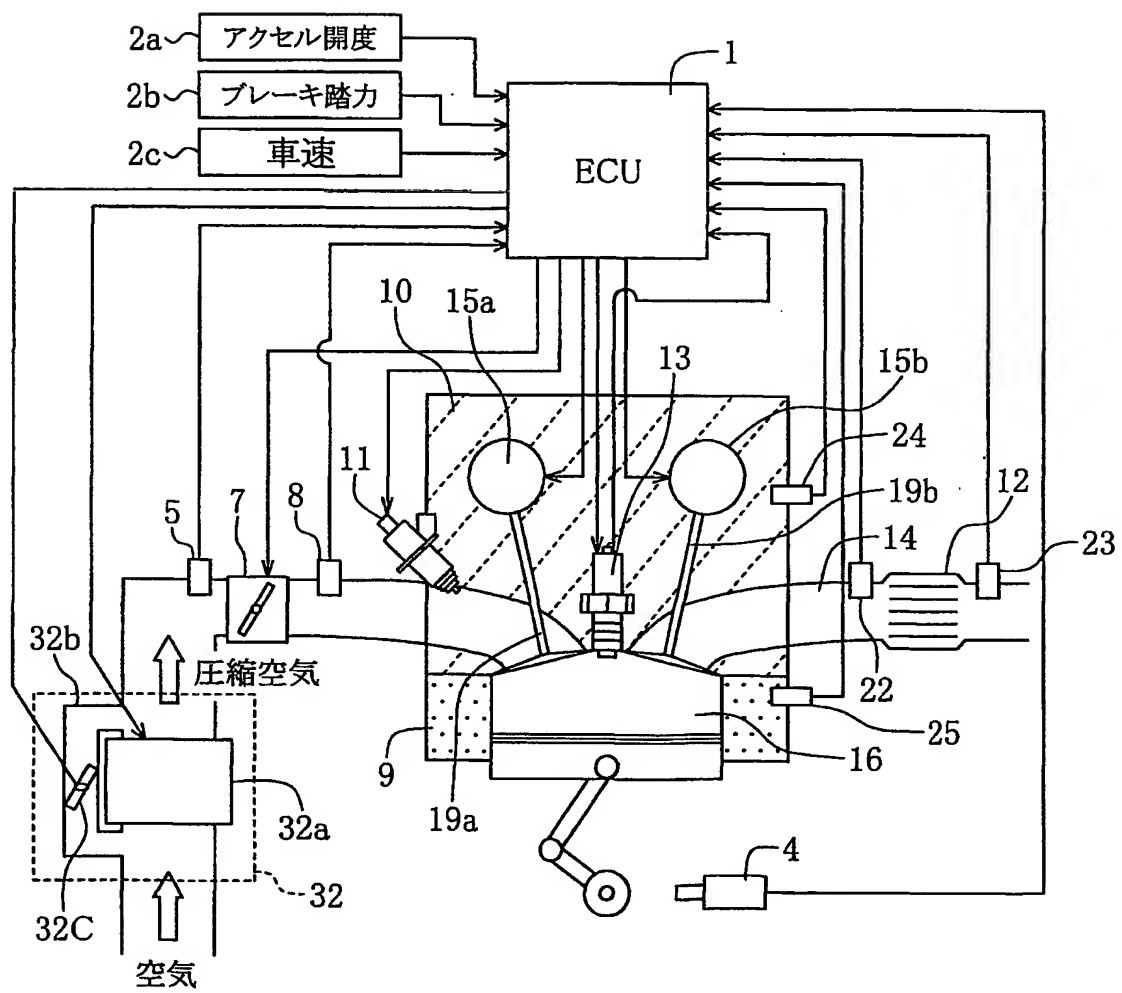


図30

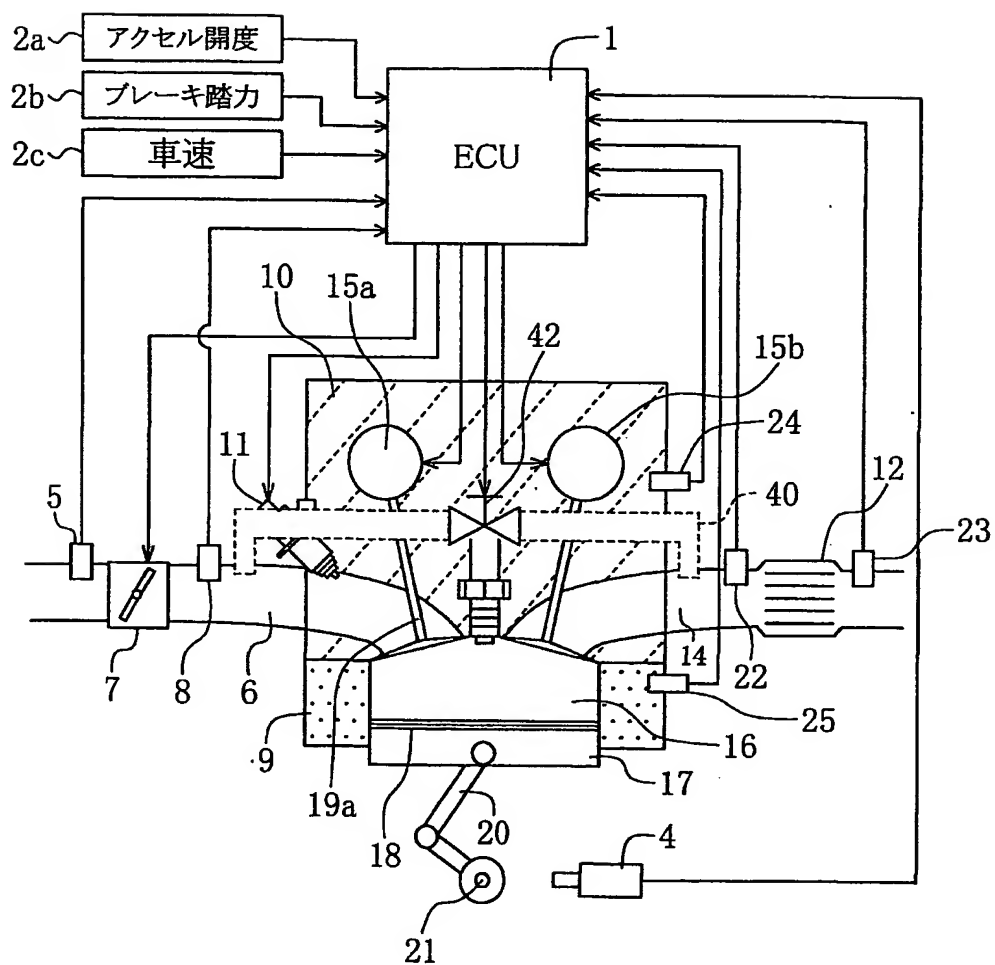


図31

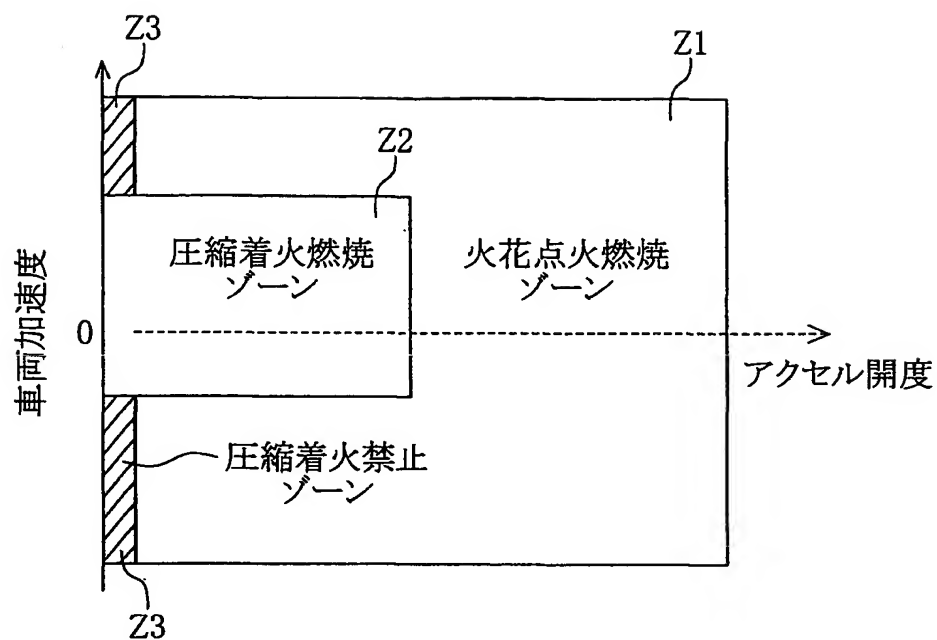


図32

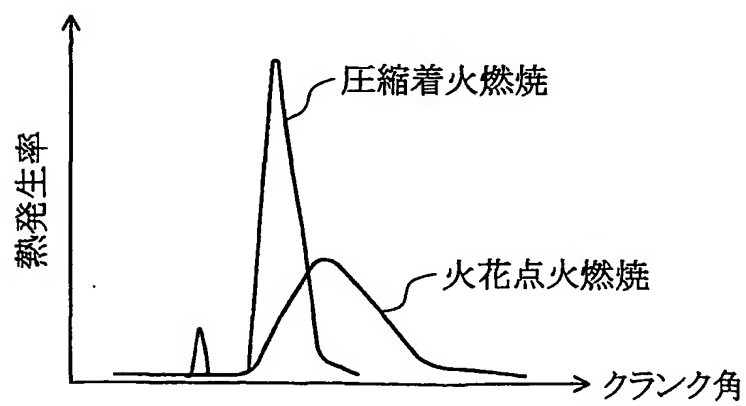


図33

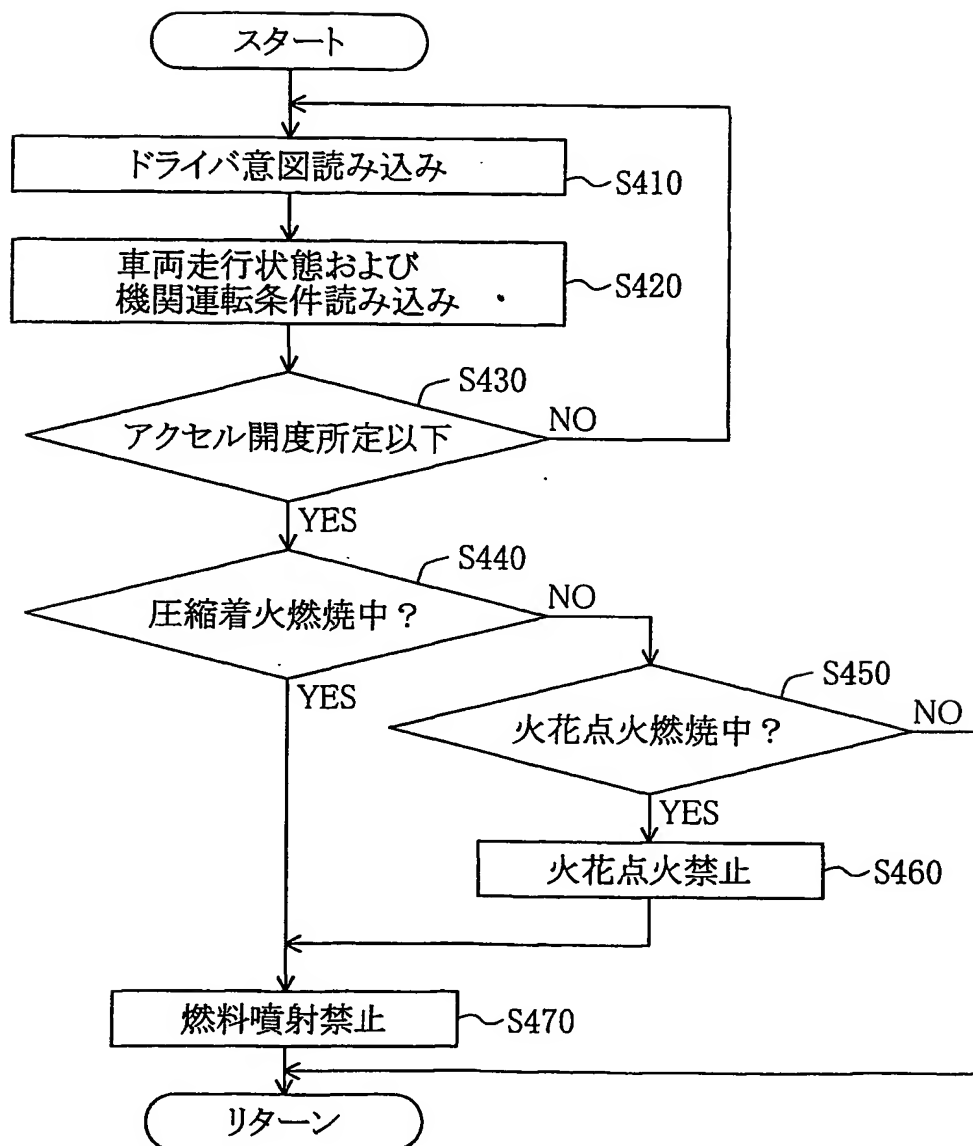


図34

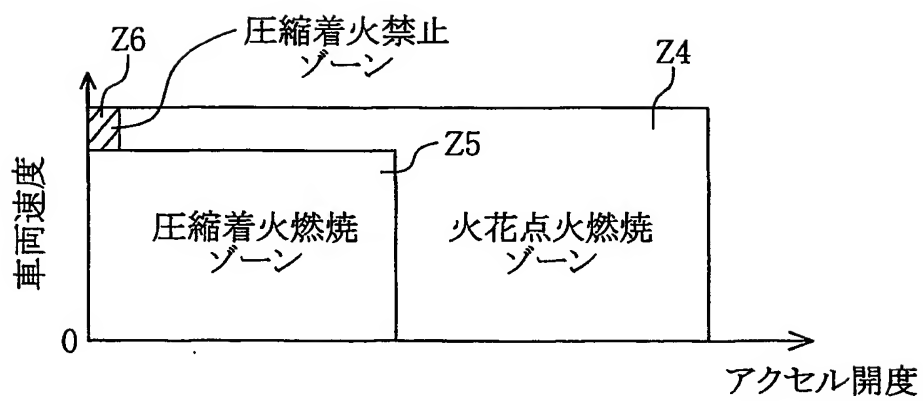


図35

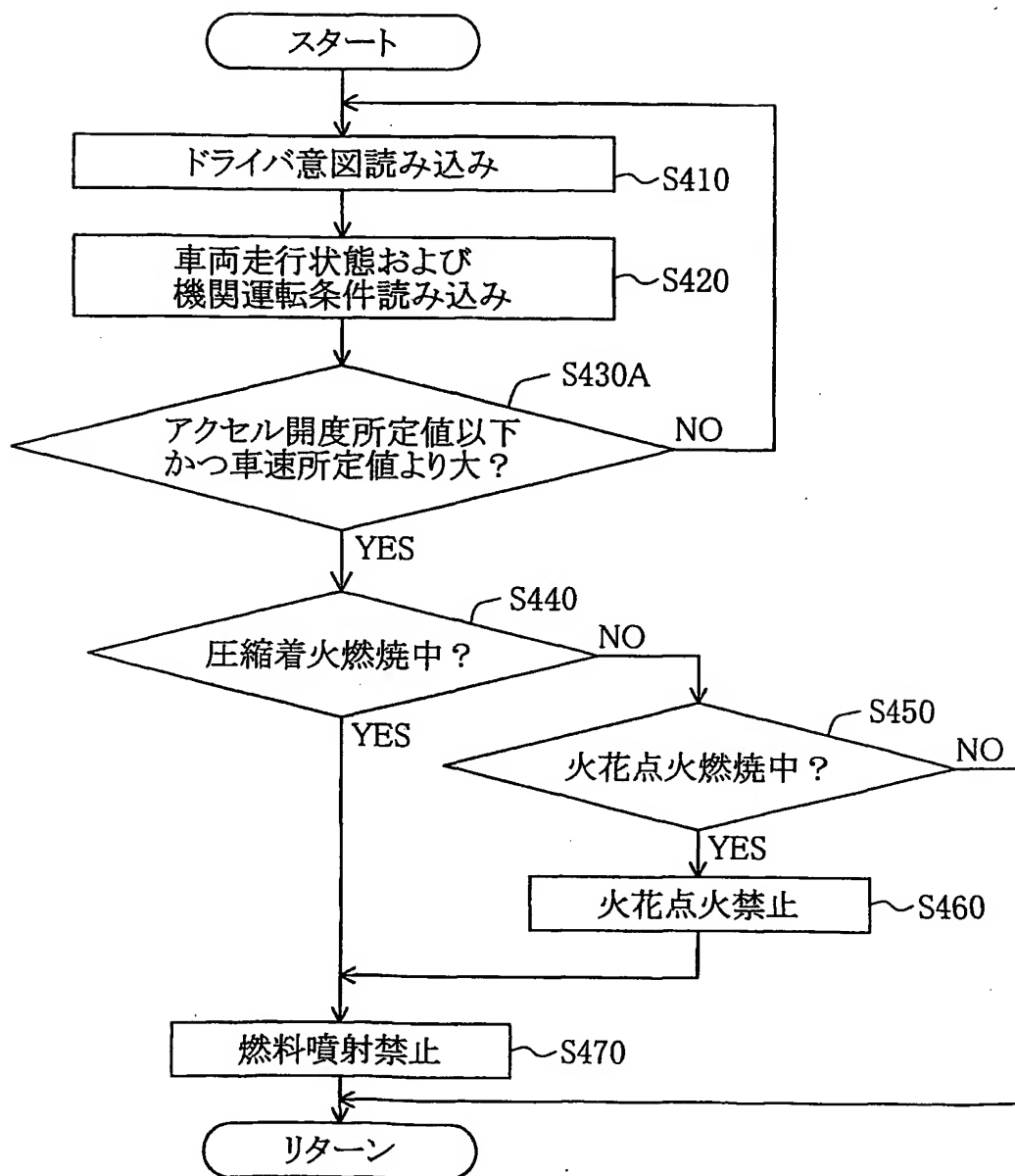


図36

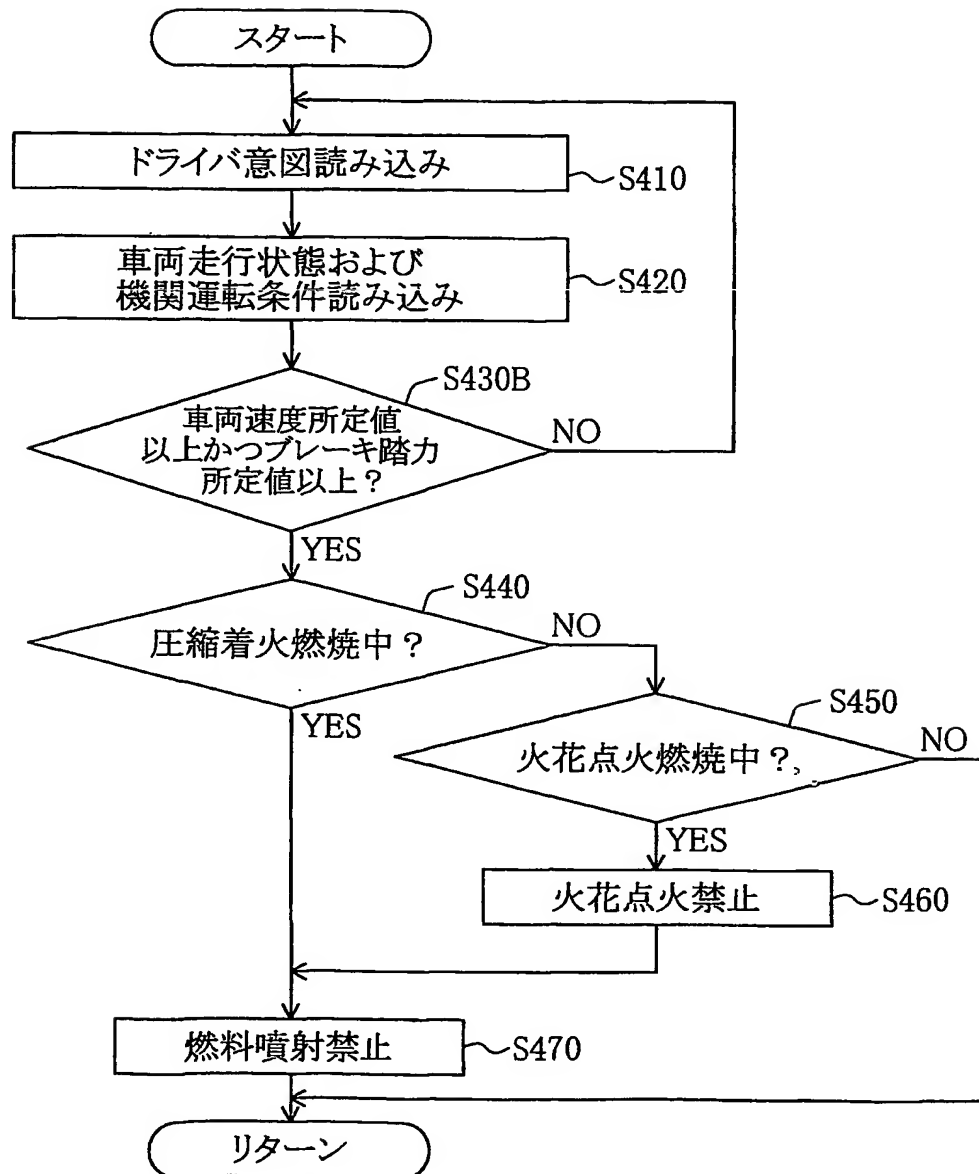


図37

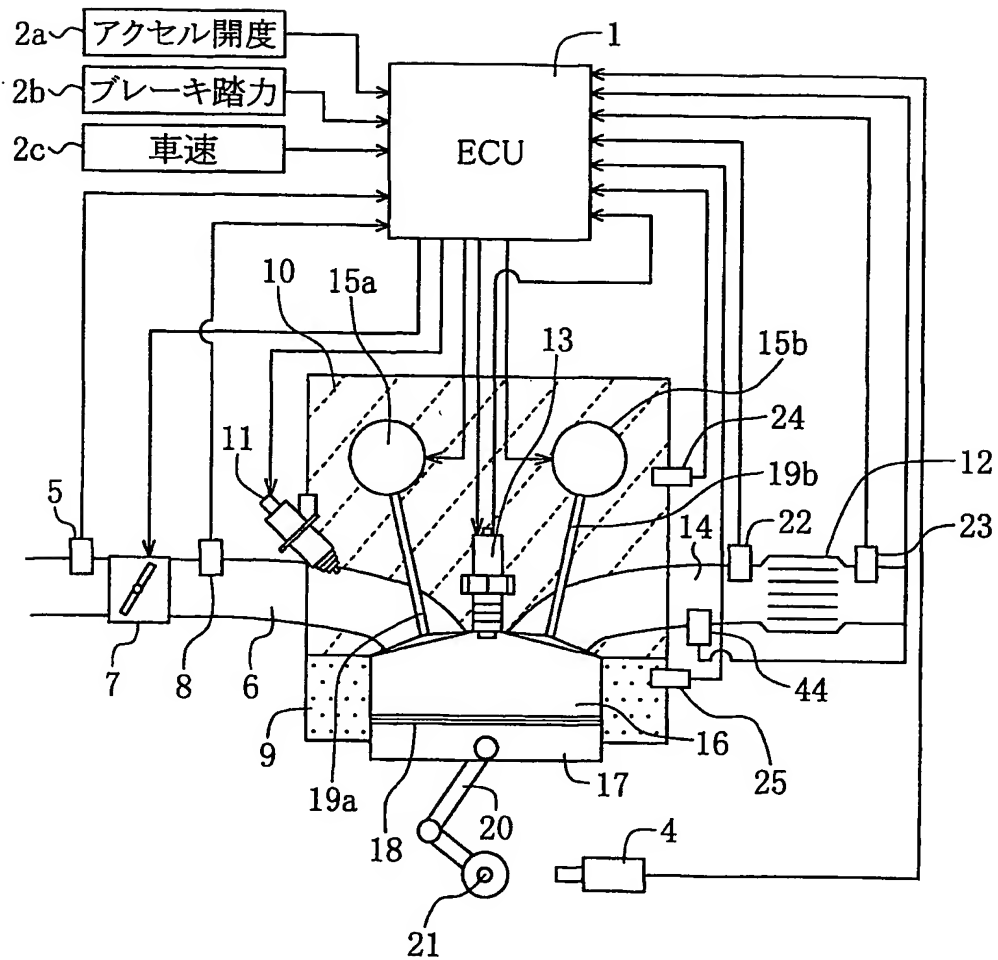


図38

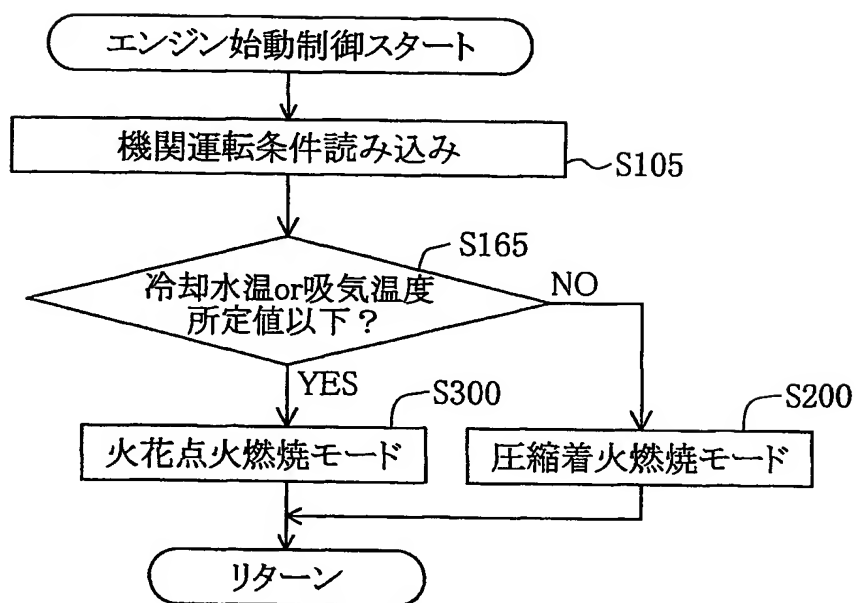
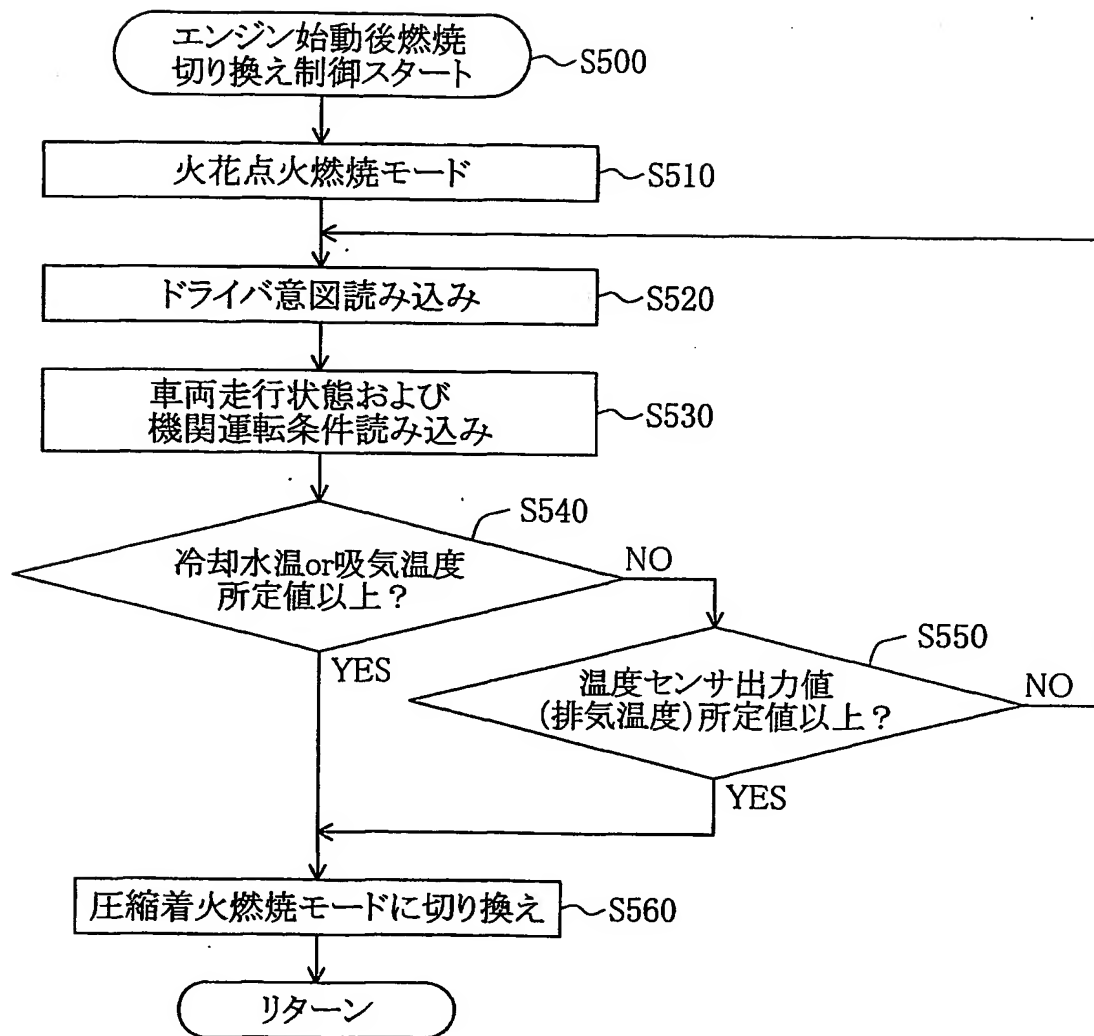


図39



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/05507

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ F02D13/02, F02B11/00, F02D41/02, F02D41/04, F02D43/00, F02D45/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ F02D41/00-41/40, F02D43/00-45/00, F02D13/02, F02B11/00-11/02,
F02B 1/12- 1/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-264319 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 28 September, 1999 (28.09.99), Claims 1, 5; Fig. 13 (Family: none)	1-14, 16-26, 28, 30-33, 35, 37-39, 41, 42
Y	JP 7-158446 A (Honda Motor Co., Ltd.), 20 June, 1995 (20.06.95), Claim 1; page 2, right column, lines 19 to 23; Fig. 5 & IT 94841002 A & AU 8033694 A & FR 2713711 A & DE 4443562 A & CN 1109945 A & US 5507263 A1 & KR 144107 B	1-14, 16-26, 28, 30-33, 35, 37-39, 41, 42
Y	JP 11-311135 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 09 November, 1999 (09.11.99), page 2, right column, lines 7 to 12 & EP 953750 A2	4-6
Y	JP 11-006436 A (Fuji Heavy Industries Ltd.), 12 January, 1999 (12.01.99), page 1, left column, lines 4 to 20 (Family: none)	7, 9, 13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance"E" earlier document but published on or after the international filing
date"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
cited to establish the publication date of another citation or other
special reason (as specified)"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
means"P" document published prior to the international filing date but later
than the priority date claimed"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 October, 2000 (13.10.00)Date of mailing of the international search report
31 October, 2000 (31.10.00)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

JP00/05507

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-220458 A (Honda Motor Co., Ltd.), 08 August, 2000 (08.08.00), page 2, lines 38 to 47 (Family: none)	14, 24-26, 28, 32, 33, 38, 39, 21
Y	JP 64-034431 Y2 (HINO MOTORS, LTD.), 02 March, 1989 (02.03.89), Full text (Family: none)	35, 41, 42
A	JP 57-036319 Y2 (Nissan Motor Co., Ltd.), 25 February, 1982 (25.02.82), Full text (Family: none)	27, 34, 40

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. F02D13/02, F02B11/00,
F02D41/02, F02D41/04,
F02D43/00, F02D45/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. F02D41/00-41/40, F02D43/00-45/00,
F02D13/02, F02B11/00-11/02, F02B 1/12- 1/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2000年
日本国登録実用新案公報 1994-2000年
日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 11-264319, A (日産自動車株式会社), 28. 9月. 1999 (28. 09. 99), 請求項1, 5, 図13 (ファミリーなし)	1-14, 16-26, 28, 30-33, 35, 37-39, 41, 42
Y	JP, 7-158446, A (本田技研工業株式会社), 20. 6月. 1995 (20. 06. 95), 請求項1, 第2頁右欄19-23行, 図5 & IT, 94841002, A & AU, 8033694, A & FR, 2713711, A & DE, 4443562, A & CN, 1109945, A & US, 5507263, A1 & KR, 144107, B	1-14, 16-26, 28, 30-33, 35, 37-39, 41, 42

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 10. 00

国際調査報告の発送日

31.10.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

関 義彦

3G

9820

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認めらる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 11-311135, A (日産自動車株式会社), 9. 11月. 1999 (09. 11. 99), 第2頁右欄7-12行 & EP, 953750, A2	4-6
Y	J P, 11-006436, A (富士重工業株式会社), 12. 1月. 1999 (12. 01. 99), 第1頁左欄4-20行 (ファミリーなし)	7, 9, 13
Y	J P, 2000-220458, A (本田技研工業株式会社), 8. 8月200 0 (08. 08. 00), 第2頁38-47行 (ファミリーなし)	14, 24-26, 28, 32, 33, 38, 39, 21
Y	J P, 64-034431, Y2 (日野自動車工業株式会社), 2. 3月. 19 89 (02. 03. 89), 全文 (ファミリーなし)	35, 41, 42
A	J P, 57-036319, Y2 (日産自動車株式会社), 25, 2月, 198 2 (25. 02. 82), 全文 (ファミリーなし)	27, 34, 40

THIS PAGE BLANK (USPTO)